ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 FÉVRIER 1924.

PRÉSIDENCE DE M. GUILLAUME BIGOURDAN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe particulière de réseaux.* Note de M. C. GUICHARD.

Soit M un point qui décrit un réseau dans un espace d'ordre $p (p > 3)$; je conserve les notations que j'ai employées, à plusieurs reprises, pour les réseaux. Cela posé, je me propose d'étudier les réseaux M qui possèdent la propriété suivante :

Les congruences décrites par RR_1 *et par* SS_1 *sont des congruences* I.

La congruence RR_1 étant I, les droites RR_1 et MR sont perpendiculaires; d'autre part les paramètres de RR_1 sont

$$\frac{\partial \xi_i}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_i \quad (i = 1, 2, \ldots, p).$$

On doit donc avoir

$$\sum_1^p \xi_i \left[\frac{\partial \xi_i}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_i\right] = 0,$$

d'où en intégrant

$$\Sigma \xi_i^2 = n^2 V.$$

En choisissant convenablement la variable v, on peut supposer

$$(1) \qquad \Sigma \xi_i^2 = n^2.$$

D'autre part, puisque la congruence RR_1 est une congruence I, on doit avoir

$$\sum_1^p \left(\frac{\partial \xi_i}{\partial u} - \frac{1}{n}\frac{\partial n}{\partial u}\xi_i\right)^2 = 0,$$

ce qui donne, en tenant compte de l'équation (1),

$$\sum\left(\frac{\partial\xi_i}{\partial u}\right)^2=\left(\frac{\partial n}{\partial u}\right)^2. \tag{2}$$

Maintenant la congruence SS_1 étant aussi une congruence I, on aura, en choisissant convenablement la variable u,

$$\Sigma\eta_i^2=-m^2, \tag{3}$$

$$\sum\left(\frac{\partial\eta_i}{\partial v}\right)^2=-\left(\frac{\partial m}{\partial v}\right)^2. \tag{4}$$

En différentiant l'équation (1) par rapport à v et l'équation (3) par rapport à u, on aura

$$\Sigma\varepsilon_i\eta_i=\frac{\partial n}{\partial v}=-\frac{\partial m}{\partial u},$$

ce qui permet de poser

$$\left\{\begin{aligned} & m=\frac{\partial\varphi}{\partial v}, \qquad n=-\frac{\partial\varphi}{\partial u}, \\ & \Sigma\varepsilon_i\eta_i=-\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}. \end{aligned}\right. \tag{5}$$

On pourra maintenant former dans un espace d'ordre $p+2$ un déterminant O dont les rotations sont

$$A_i=\lambda\varepsilon_i, \qquad B_i=\mu\eta_i. \tag{6}$$

On en déduit, λ et μ étant des constantes,

$$M=-\frac{\lambda}{\mu}\frac{\partial\varphi}{\partial u}, \qquad N=\frac{\mu}{\lambda}\frac{\partial\varphi}{\partial v}. \tag{7}$$

En écrivant que la relation

$$\Sigma A_iB_i+\frac{\partial M}{\partial v}+\frac{\partial N}{\partial u}=0$$

est satisfaite, on trouve entre λ et μ la relation

$$-\lambda\mu-\frac{\lambda}{\mu}+\frac{\mu}{\lambda}=0,$$

ou encore

$$\frac{1}{\lambda^2}-\frac{1}{\mu^2}=1. \tag{8}$$

A ce déterminant, on peut faire correspondre des réseaux O décrits par un point $M'(X_1, \ldots, X_{p+2})$; les formules (7) montrent que ce réseau est associé à un réseau O plan décrit par un point $M''(Y_1, Y_2)$.

Ces réseaux associés sont tels que

$$(9)\quad \begin{cases} \sum\left(\frac{\partial X}{\partial u}\right)^2=\lambda^2\sum\left(\frac{\partial Y}{\partial u}\right)^2, & \sum\left(\frac{\partial^2 X}{\partial u^2}\right)^2=\lambda^2\sum\left(\frac{\partial^2 Y}{\partial u^2}\right)^2, \quad \sum\left(\frac{\partial^3 X}{\partial u^3}\right)^2=\lambda^2\sum\left(\frac{\partial^3 Y}{\partial u^3}\right)^2; \\ \sum\left(\frac{\partial X}{\partial v}\right)^2=\mu^2\sum\left(\frac{\partial Y}{\partial v}\right)^2, & \sum\left(\frac{\partial^2 X}{\partial v^2}\right)^2=\mu^2\sum\left(\frac{\partial^3 Y}{\partial v^2}\right)^2, \quad \sum\left(\frac{\partial^3 X}{\partial v^3}\right)^2=\mu^2\sum\left(\frac{\partial^3 Y}{\partial v^3}\right)^2. \end{cases}$$

Avec mes notations les systèmes M′ et M″ sont associés avec les indices 3, — 3.

La détermination du déterminant O correspondant est un problème d'ordre $2p-4$. On peut facilement trouver des solutions particulières qui dépendent d'une équation d'ordre moins élevé. En particulier :

La Géométrie infinitésimale du complexe linéaire permet de former des solutions particulières d'ordre $p-2$.

Si l'on applique la transformation de Laplace aux réseaux M′ et M″, on arrive au résultat suivant :

A une homothétie près les congruences $R'R'_1$ *et* $R''R''_1$ *sont applicables ; il en est de même des congruences* $S'S'_1$ et $S''S''_1$.

Je prends maintenant une congruence harmonique au réseau M′ en me servant de la solution

$$\theta = Y_1 \pm i Y_2.$$

La droite qui décrit la congruence rencontre M′R′ en A, M′S′ en B ; la première tangente du réseau A rencontre $R'R'_1$ en E ; la seconde de B rencontre $S'S'_1$ en F. On a la propriété suivante :

La congruence AB *est plusieurs fois* C ; *les réseaux* E *et* F *sont des réseaux* N.

La congruence AB étant plusieurs fois C, les paramètres de la droite AB satisfont à une équation à invariants égaux, en ramenant cette équation à la forme de Moutard on voit que les paramètres $\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_{p+2}$ satisfont aux conditions

$$(10)\quad \left\{ \sum\theta^2=1 \quad \begin{matrix} \sum\left(\frac{\partial\theta}{\partial u}\right)^2=0, & \sum\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial u^2}\right)^2=0, \\ \sum\left(\frac{\partial\theta}{\partial v}\right)^2=0, & \sum\left(\frac{\partial^2\theta}{\partial v^2}\right)^2=0. \end{matrix} \right.$$

J'ai montré [1] comment on pouvait former ces équations dans le cas de $p=4$. Elles ont été étudiées aussi par M. Tzitzéica [2] dans les cas $p=4$ et $p=5$.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 748.

[2] *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1136, et *Géométrie différentielle projective des réseaux*, Chap. XIV.

Je reviens au cas où p est quelconque; si l'on coupe le système ABEF par un plan isotrope quelconque, on trouve les réseaux que j'ai pris au début.

En coupant de même par un plan isotrope le réseau M on obtient, *dans un espace d'ordre* $p-2$, *des réseaux* O *qui après trois transformations de Laplace deviennent des réseaux* O. Cette méthode donne d'ailleurs tous les réseaux O d'un espace d'ordre $p-2$ qui possèdent cette propriété.

A ces systèmes on fait correspondre des réseaux plans qui possèdent la propriété suivante :

Un réseau plan $(p-3)$ O *se transforme après trois opérations de Laplace en un réseau* $(p-3)$ O.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certaines équations différentielles du second ordre à coefficients doublement périodiques.* Note de M. **Henri Villat**.

J'ai donné, dans les *Annales de l'École Normale supérieure*, 1921, une méthode générale pour obtenir la représentation conforme effective d'un domaine plan doublement connexe sur une couronne circulaire convenablement choisie. Il est bien connu d'autre part, au moins lorsqu'il s'agit d'un domaine à connexion simple, ayant pour frontière des arcs de circonférence, que la recherche de la représentation conforme revient à la résolution d'une certaine équation différentielle du troisième ordre, due à Schwartz, laquelle se ramène elle-même à une du second, d'une infinité de manières.

Dans le cas d'un domaine doublement connexe, délimité par des arcs de cercle, les considérations de Schwartz s'appliquent presque sans modifications, et l'on obtient le résultat suivant : faisons la représentation sur une bande rectiligne d'un plan z', enfermée entre l'axe réel et la parallèle à cet axe à la distance $\frac{\tau}{2i}$ (τ étant le module des fonctions elliptiques introduites ci-dessous), en ne considérant pas comme distincts deux points de l'aire à la distance 1 sur une parallèle à Ox. Désignons par $\alpha_j\pi$ l'angle (compté à l'intérieur du domaine considéré dans le plan Z) sous lequel se coupent deux cercles consécutifs d'une frontière, et par $\beta_l\pi$ l'angle analogue pour l'autre frontière. L'équation du second ordre à laquelle on parvient peut alors être mise sous la forme

$$(1) \qquad \frac{d^2U}{dz^2} + U \times F(z) = 0 \qquad (z = 2\omega_1 z')$$

avec

$$(2)\qquad F(z) = \sum_j \left[\frac{1-\alpha_j^2}{4} p(z - z_j | \omega_1 \omega_3) + a_j \zeta(z - z_j)\right] + \sum_l \left[\frac{1-\beta_l^2}{4} p(z - \omega_3 - t_l) + b_l \zeta_3(z - t_l)\right] + C.$$

Les quantités a_j, b_l, C sont des constantes réelles à déterminer *a posteriori*; les z_j et t_l sont des nombres compris entre 0 et 1.

On peut montrer que la fonction $F(z)$ admet nécessairement les périodes $2\omega_1$ et $2\omega_3$; on a donc la condition

$$\sum_j a_j + \sum_l b_l = 0.$$

La formule (2) définit une catégorie importante d'équations différentielles comprenant comme cas très particulier l'équation célèbre de Lamé et appartenant à la classe des équations à coefficients doublement périodiques, au sujet desquels on connaît les beaux théorèmes dus à M. Picard, à Halphen et à Hermite. Aux points singuliers de l'équation (1), les équations fondamentales déterminantes ont pour racines $\frac{1 \pm \alpha_j}{2}$ et $\frac{1 \pm \beta_l}{2}$. Les intégrales sont donc en général non uniformes, mais on reconnaît sur les cas particuliers, ici les plus intéressants, que l'on peut faire un fructueux usage du théorème de M. Picard (*Journal de Crelle*, t. 90) en passant par l'intermédiaire de la proposition XVI de G. Halphen (*Sur la réduction des équations linéaires; Mémoires des savants étrangers*, t. 28, 1884). Donnons quelques exemples :

Prenons d'abord le cas d'un domaine circulaire percé d'une fente circulaire (constituée par deux arcs juxtaposés). Si les circonférences en question sont orthogonales on peut réduire l'équation (1) à

$$(3)\qquad \frac{d^2U}{dz^2} + \left\{-\frac{3}{4}[pz + p(z - \omega_1)] + a(\zeta z - \zeta_1 z) + C\right\} U = 0.$$

D'autre part, la représentation conforme correspondante résulte de mon Mémoire cité (ou encore de la *Thèse* de M. R. Thiry, p. 90) [1]. A une trans-

---

[1] La méthode indiquée par M. R. Thiry dans son beau travail, lorsque les frontières du domaine sont formées de segments rectilignes, s'applique aussi sans difficulté pour le cas des arcs de circonférences. En employant un procédé de passage à la limite analogue à celui dont je me suis servi dans ma Thèse (*Annales de l'École Normale*, 1911), on peut prouver que la méthode de M. Thiry se généralise pour des domaines plus complexes, en donnant des résultats en complet accord avec ceux de mon Mémoire cité.

formation homographique près, on trouve

$$Z = \frac{\vartheta_3(z')}{\vartheta_4(z')}.$$

Il est aisé d'en déduire que l'équation (3) doit posséder les deux solutions $\frac{\sigma_2 z}{\sqrt{\sigma z \, \sigma_1 z}}$ et $\frac{\sigma_3 z}{\sqrt{\sigma z \, \sigma_1 z}}$. On vérifie, en effet, que ces solutions appartiennent à l'équation ci-dessus, pour les valeurs $a = 0$ et $C = \frac{3}{4} e_1$. Le même calcul prouve évidemment ce théorème : « L'équation

$$(4) \qquad U'' - \frac{3}{4}[pz + p(z - \omega_\alpha) - e_\alpha]U = 0$$

a pour intégrale générale

$$U = \lambda \frac{\sigma_\beta z}{\sqrt{\sigma z \, \sigma_\alpha z}} + \mu \frac{\sigma_\gamma z}{\sqrt{\sigma z \, \sigma_\alpha z}},$$

les trois indices α, β, γ étant différents. »

Pour $\alpha = 1$, l'équation (4) se ramène à l'équation de Lamé

$$U'' - \frac{3}{4} p\left(z \,\Big|\, \frac{\omega_1}{2} \omega_3\right) U = 0,$$

dont G. Halphen, parti de considérations toutes différentes (*loc. cit.*, § 20), a obtenu l'intégrale sous la forme

$$U = \left[p'\left(\frac{z}{2} \,\Big|\, \frac{\omega_1}{2} \omega_3\right)\right]^{-\frac{1}{2}} \left[A + B p\left(\frac{z}{2}\right)\right].$$

Si les deux circonférences dont il a été question plus haut sont quelconques, l'équation différentielle correspondante sera de la forme

$$(5) \qquad U'' + \left\{ -\frac{3}{4}[pz + p(z - z_0)] + a[\zeta z - \zeta(z - z_0)] + C \right\} U = 0.$$

Il résulte de mon Mémoire des *Annales* (p. 204) qu'elle devra posséder la solution particulière

$$U_1 = \vartheta_4(z' - z'_1) \vartheta_1^{-\frac{1}{2}}(z') \vartheta_1^{-\frac{1}{2}}(z' - z'_0).$$

Un calcul, que je ne reproduis pas, montre qu'en effet cette expression vérifie l'équation (5) avec les valeurs des coefficients

$$(6) \qquad \begin{cases} a = \zeta_3(z_0 - z_1) - \frac{1}{2}\zeta z_0 + \frac{\eta_1}{\omega_1}\left(z_1 - \frac{1}{2} z_0\right) = -\zeta_3 z_1 + \frac{1}{2}\zeta z_0 + \frac{\eta_1}{\omega_1}\left(z_1 - \frac{1}{2} z_0\right). \\ C = a^2. \end{cases}$$

La concordance des diverses valeurs de a revient à la condition de fermeture du domaine Z. Une circonstance analogue se reproduit d'une façon tout à fait générale dans tous les cas.

L'équation (5) qui dépend alors du paramètre arbitraire z_0 a pour intégrale générale

$$U = U_1\left[\lambda + \mu\int \frac{\vartheta_1(z')\vartheta_1(z'-z'_0)}{\vartheta_1^2(z'-z'_1)}\,dz'\right].$$

Le paramètre auxiliaire $z_1 (= 2\omega_1 z'_1)$ est défini par celle des conditions (6) qui est indépendante de a.

On trouve un grand nombre de résultats dignes de remarque, par l'examen d'autres cas particuliers. On en lira le développement dans le Mémoire détaillé. Je signale comme particulièrement intéressant le cas d'un domaine circulaire percé d'un trou dont le bord est formé d'une sorte de dentelle régulière constituée par N arcs de cercle égaux. La formule

$$p(z\,|\,\omega_1\omega_3) + p\left(z + \frac{2\omega_1}{N}\right) + p\left(z + \frac{4\omega_1}{N}\right) + \ldots + p\left(z + \frac{2(N-1)\omega_1}{N}\right)$$
$$= p\left(z\,\middle|\,\frac{\omega_1}{N}\,\omega_3\right) + \sum_r p\left(\frac{2r\omega_1}{N}\right)$$

permet de montrer que l'équation (1) correspondante *se ramène à une équation générale de Lamé*,

$$U'' - [n(n+1)pz + h]\,U = 0.$$

La valeur de n y est quelconque, déterminée par l'angle des arcs de cercle deux à deux; pour une représentation conforme sans points de ramification, n est compris entre $-\frac{3}{2}$ et $+\frac{1}{2}$; le coefficient h, non nul pour $N > 2$, dépend essentiellement de N. L'étude du problème correspondant se rattache à celle du groupe de l'équation

$$U'' + U\left[\frac{3}{4(1-z^2)^2} - \frac{(2n-1)(2n+3)}{8}\,\frac{(k^4-3k^2)z^2+1+k^2}{(1-z^2)(1-k^2z^2)^2} + \frac{\lambda}{(1-z^2)(1-k^2z^2)}\right] = 0,$$

où λ est un paramètre lié à h. On trouvera ailleurs cette étude.

J'indique en terminant que toutes les équations en question s'appliquent à la théorie des surfaces minima et au problème de Plateau d'une part, et d'autre part à la recherche de certains mouvements tourbillonnaires des fluides.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Émile Picard** et **Paul Appell**, pour la Division des sciences mathématiques; MM. **Louis Mangin** et **Ch. Moureu**, pour la Division des sciences physiques; MM. **Paul Janet** et **Jules Breton**, Académiciens libres, sont élus membres de la Commission chargée de dresser des listes de candidats aux places d'Académiciens libres vacantes par le décès de MM. *de Freycinet* et *A. de Gramont*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Recherches sur les Poissons représentés dans quelques tombeaux égyptiens de l'ancien empire*, par M. Claude Gaillard, avec la collaboration de MM. Victor Loret et Charles Kuentz. (Présenté par M. L. Joubin.)

2° Émile Belot. *L'origine dualiste des mondes et la structure de notre univers*. Préface de M. Camille Flammarion. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

M. **Émile Belot** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des deux places vacantes d'Académiciens libres.

MM. **Charles Benoist** et **V. Robin** adressent un Rapport sur l'emploi qu'ils ont fait de la subvention qui leur a été accordée sur la *Fondation Loutreuil* en 1922.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application des équations intégrales à une proposition de Lord Rayleigh*. Note [1] de M. **F.-H. van den Dungen**, présentée par M. Émile Borel.

1. Les vibrations élastiques des milieux continus sont régies par des équations différentielles d'ordre pair, se rattachant aux dalembertiens. Si

[1] Séance du 28 janvier 1924.

l'on se borne à étudier un mouvement purement sinusoïdal de période $2\pi\lambda^{-\frac{1}{2}}$, ces équations se réduisent à des laplaciens ou à des bilaplaciens avec second membre de forme

$$(1) \qquad ap = a(\lambda u + q),$$

a étant un facteur dépendant des propriétés du corps étudié, *u* le déplacement (linéaire ou angulaire) étudié et *q* une fonction traduisant l'effet des actions extérieures.

Ces équations peuvent être transformées en équations intégrales par l'emploi des fonctions de Green d'ordre 1 ou 2, en sorte que l'on a

$$(2) \qquad u_M = \int_D G(M, P)\, a_P p_P\, d\tau_P,$$

le domaine étudié D étant supposé divisé en éléments $d\tau$.

2. Les fonctions de Green s'interprètent physiquement comme mesure du déplacement produit en M par une action *unitaire* (force ou couple) agissant en P, dans les conditions aux limites assignées au problème. Ces fonctions de Green sont identiques aux *coefficients d'influence* utilisés en technique.

L'équation intégrale acquiert ainsi une signification immédiate : le déplacement en M est la somme des déplacements infinitésimaux dus aux actions appliquées aux éléments $d\tau$.

3. Les vibrations ne sont pas les seuls phénomènes traduits par les équations (1) et (2). Nous avons montré [1] que le flambement des poutres et la flexion des pièces en rotation satisfont également à ces équations. Le paramètre prend dans chaque cas un sens différent : rapport des efforts longitudinaux ou carré de la vitesse angulaire. Il y a intérêt à ce que le paramètre de l'équation intégrale ait un sens physique [2].

Notons, en outre, que d'autres phénomènes physiques rentrent dans le même type fonctionnel : telles les oscillations électriques. D'une façon générale, les phénomènes régis par cette équation intégrale sont des *phénomènes de résonance*.

4. La recherche des valeurs caractéristiques fournit des résultats importants : son propre, charge ou vitesse critique. Si l'on remarque que la fonc-

---

[1] Voir *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 243 et 575.

[2] C'est ainsi que nous avons pu justifier diverses formules expérimentales.

tion de Green est symétrique et que a est, en général, positif [1], on voit que le noyau est de la forme de Schmidt : les valeurs caractéristiques sont des pôles simples de la résolvante, elles sont réelles et de plus positives, si a est positif.

5. Introduisons les formes quadratiques

$$T = \frac{1}{2}\int_0 a_M u_M^2 \, d\tau_M \qquad \text{et} \qquad U = \frac{1}{2}\lambda \int_0 \int_0 C(M, P)\, a_M a_P u_M u_P \, d\tau_M \, d\tau_P ;$$

la forme T est adjointe à l'énergie cinétique maxima, et la forme U adjointe à l'équation potentielle maxima.

La variation première de la différence T — U est nulle pour les déplacements satisfaisant à

$$u_M = \lambda \int_0 C(M, P)\, a_P u_P \, d\tau_P ;$$

c'est l'équation intégrale des mouvements propres.

Il est clair que cette équation satisfera donc à un des problèmes :

a. Chercher la valeur limite du rapport de l'énergie potentielle à l'énergie cinétique (proposition de Lord Rayleigh);

b. Chercher la valeur limite de l'énergie cinétique, à énergie potentielle constante, ou inversement (proposition de Ritz).

6. Passons à l'étude de la variation seconde ; il vient

$$2\delta^2(T - U) = \int_0 a_M (\delta u_M)^2 \, d\tau_M - \lambda \int_0 \int_0 C(M, P)\, a_M a_P \, \delta u_M \, \delta u_P \, d\tau_M \, d\tau_P$$

pour chaque limite. La différence T — U sera donc minima si la forme quadratique est définie positive, ce que l'on obtient en supposant une suite de conditions positives ou nulles. Or les premiers membres de ces conditions forment précisément, au signe près, une suite de Sturm associée à la résolvante. Ainsi, dans le cas où tous les nombres caractéristiques λ sont réels et positifs, la différence T — U est minima pour le plus petit nombre caractéristique, et pour celui-là seul.

7. Lord Rayleigh et Ritz ont cherché à appliquer la propriété de la limite au calcul approché des valeurs caractéristiques en supposant u fonction d'un ou de plusieurs paramètres et en déterminant quelles valeurs de ces paramètres correspondent aux limites de T — U ou des expressions équivalentes.

---

(1) Nous avons montré que le couple antagoniste, dû à l'action des forces centrifuges sur les disques en rotation, introduit une fonction a négative.

Lord Rayleigh a remarqué que la valeur trouvée pour λ dépend de la fonction choisie et beaucoup d'auteurs se contentent, dès lors, de calculer λ en cherchant le rapport de T à U pour un déplacement u choisi *a priori*, satisfaisant aux conditions aux limites et proche du déplacement expérimental, U étant calculé pour λ égal à l'unité.

Cette façon d'opérer se justifie si on l'interprète au moyen de la théorie des approximations successives : étant donnée une fonction arbitraire u_0, déterminons u_1 par

$$u_1 = \int_0 G(m, P)\, a_P u_0\, d\tau_P;$$

on sait que les rapports $\frac{u_0}{u_1}, \frac{u_1}{u_2}, \ldots$ tendent vers le premier pôle λ. Mais on peut comparer les quantités

$$\int_0 a_P u_0 . u_0\, d\tau, \qquad \int_0 a_P u_0 . u_1\, d\tau, \quad \text{etc.},$$

le rapport des deux premières est précisément le rapport de T à U, calculé pour u_0 : le fait que ce rapport donne une valeur approchée du premier pôle λ est donc une conséquence de l'existence même des valeurs caractéristiques.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines propriétés métriques des fonctions analytiques.* Note[1] de M. J. PRIWALOFF, présentée par M. Émile Borel.

1. Dans une Note récente nous avons démontré que la représentation conforme d'un domaine, limité par un contour fermé rectifiable sur le cercle $|z| < 1$ fait correspondre à tout ensemble de points de mesure nulle, situé sur la circonférence, un ensemble de mesure nulle situé sur le contour du domaine[2]. Maintenant nous allons démontrer la proposition inverse[3]:

---

(1) Séance du 14 janvier 1924.

(2) N. LUSIN et J. PRIWALOFF, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 456. Cf. J. PRIWALOFF (Thèse russe) (*Bulletin de l'Université de Saratow*, 1918).

(3) Publié dans la Thèse russe citée.

A tout ensemble de points de mesure nulle, situé sur la frontière rectifiable, correspond sur la circonférence un ensemble de mesure nulle.

La représentation conforme du domaine G, limité par une courbe rectifiable, sur le cercle $|z| < 1$ fait correspondre à un point de la circonférence $e^{i\theta}$ un point de la frontière de G ; désignons par $s(\theta)$ sa distance mesurée le long de la frontière d'un point arbitraire fixe de cette frontière. Pour la démonstration de notre théorème, nous supposons, par impossible, qu'il existe sur la circonférence un ensemble de points E, mes $E > 0$, correspondant à un ensemble E_1 de la frontière de G, mes $E_1 = 0$. En vertu du théorème direct, la fonction croissante $s(\theta)$, étant une fonction absolument continue, a une dérivée $s'(\theta)$ finie presque en tout point de l'ensemble E. Il est aisé de démontrer que cette dérivée $s'(\theta)$ est égale à zéro presque partout sur E. Soit $x = \varphi(z)$ la fonction donnant la représentation conforme du cercle $|z| < 1$ sur le domaine G et soient $x(s)$ les points de sa frontière. De la représentation considérée il résulte :

$$\varphi(e^{i\theta}) = x[s(\theta)],$$

d'où l'on conclut que la dérivée $\varphi(z_0)$ prise le long de la circonférence est égale à zéro en chaque point $z_0 = e^{i\theta}$ de l'ensemble E, sauf éventuellement en un ensemble de mesure nulle. La fonction analytique $\varphi(z)$ prend sur la circonférence $|z| = 1$ une suite absolument continue de valeurs et par conséquent ([1]) la dérivée $\varphi(z)$ tend vers une limite $\varphi'(z_0) = 0$ presque partout sur E, z tendant vers z_0 suivant un chemin quelconque non tangent à la périphérie. On doit conclure de là, d'après le théorème d'unicité ([2]), que $\varphi'(z)$ s'annule identiquement, ce qui est impossible. C. Q. F. D.

2. Il résulte de l'analyse précédente que $\varphi'(z)$ tend vers une limite $\varphi'(z_0) \neq 0$, presque partout sur la circonférence, z tendant vers z_0 suivant tout chemin non tangent à la périphérie. Alors, il est aisé de démontrer que *la représentation conforme $x = \varphi(z)$ d'un domaine g, dont la frontière est une courbe rectifiable, sur le cercle $|z| < 1$ conserve les angles entre des directions correspondantes en tous points des frontières, quand on néglige des ensembles de mesure nulle* ([3]).

([1]) Cela résulte du théorème de M. Fatou (*Acta mat.*, 1906). Cf. J. Priwaloff (Thèse russe citée).

([2]) J. Priwaloff (Thèse russe citée); aussi N. Lusin et J. Priwaloff, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 456.

([3]) Publié dans la Thèse russe citée.

3. L'intégrale du type de *Cauchy* est, par définition, une expression de la forme

$$(1) \qquad \frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-z},$$

où L est une ligne rectifiable et $f(x)$ est une fonction sommable au sens de M. Lebesgue, donnée *a priori* sur L. Cette formule représente une fonction d'une variable complexe z, holomorphe partout en dehors de L. Pour étudier l'allure de cette fonction au voisinage de L, nous définirons la notion de l'intégrale singulière. Soient x_0 un point quelconque d'une ligne L, s_0 la longueur de l'arc correspondant. Désignons par L la partie qui reste de la ligne L, après avoir supprimé de L un petit arc, dont les extrémités sont les points $x(s_0-\varepsilon)$ et $x(s_0+\varepsilon)$. L'intégrale singulière est, par définition, la limite finie, si elle existe, de l'expression

$$(2) \qquad \frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-x_0}$$

ε tendant vers zéro.

Nous avons établi [1] la formule suivante :

Presque partout sur L, *on a l'égalité*

$$\lim_{z=x_0}\frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-z} = \frac{1}{2\pi i}\int_L \frac{f(x)\,dx}{x-x_0} \pm \frac{1}{2} f(x_0),$$

z tendant vers x_0 suivant tout chemin non tangent à L, *l'intégrale du second membre étant définie comme singulière* [2].

En particulier, cette formule nous montre que *les valeurs de l'intégrale du type de Cauchy sur le contour d'intégration (représentées par l'intégrale singulière) sont égales aux moyennes arithmétiques des valeurs limites à droite et à gauche de* L, *quand on néglige des ensembles de mesure nulle.*

4. Soit donnée une fonction analytique $f(z)$, holomorphe à l'intérieur d'un domaine G, dont la frontière est une courbe rectifiable quelconque C. Supposons que la fonction $f(z)$ prend presque partout sur C, le long de tous les chemins non tangents à C, les valeurs d'une certaine fonction $f(x)$, intégrable au sens de M. Lebesgue.

Il résulte de la formule précédente la condition nécessaire et suffisante

---

[1] J. Priwaloff (Thèse russe citée).

[2] Le signe + correspond au cas où z est constamment à gauche de la direction positive de L, le signe — correspond au cas contraire.

pour qu'ait lieu la formule de Cauchy :

$$f(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(x)\,dx}{x-z}.$$

Cette condition est la suivante ([1]) : *on doit avoir, en presque chaque point* x_0 *de* C,

$$\frac{1}{2\pi i}\int_C \frac{f(x)\,dx}{x-x_0} = \frac{1}{2}f(x_0).$$

La dernière condition peut être remplacée par une autre condition équivalente ([1]) :

$$\int_C f(x).x^n\,dx = 0 \quad \text{pour} \quad n = 0, 1, 2, \ldots.$$

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces de révolution à géodésiques toutes fermées.* Note de M. **Bertrand Gambier**, présentée par M. Hadamard.

1. Les géodésiques réelles d'une surface réelle S dépendent de deux paramètres (a, b); pour avoir toutes les géodésiques, il faut faire décrire au point (a, b) un certain domaine D d'un plan ωa, ωb; si pour tous les points d'un domaine D_1 tout entier intérieur à D, nous obtenons des géodésiques toutes fermées, il est naturel de dire que la surface est *partiellement à géodésiques toutes fermées;* si le domaine $(D - D_1)$ donne des géodésiques non fermées, on constate que les géodésiques du domaine D_1 remplissent une portion Σ de S et que cette portion Σ se trouve aussi sillonnée par les géodésiques non fermées. Pour que la surface soit *totalement à géodésiques toutes fermées*, il faut que D_1 remplisse exactement D.

Dans la Note XV du Tome 2 de la *Mécanique* de Despeyrous, Darboux traite complètement le cas des surfaces de révolution *partiellement* à géodésiques toutes fermées; cette note, très concise, se trouve reproduite textuellement, sauf quelques suppressions, aux pages 4-9 du Tome 3 de la *Théorie des Surfaces*.

Il y a peu à ajouter aux résultats de Darboux pour obtenir les surfaces de révolution *totalement* à géodésiques toutes fermées : écartons d'abord le cas du parallèle anguleux très particulier signalé dans ma Note précédente ([2]).

([1]) Publiée dans la Thèse russe citée.

([2]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1385.

La méridienne se compose d'un arc unique ACB joignant deux points A, B de Oz sans rencontrer Oz entre A et B, possède *un seul* parallèle de rayon maximum R, obtenu pour le point C; faisons passer Ox par C, appelons z_1 et z_2 les fonctions de r définies par les arcs CA et CB, u_1 et u_2 les arcs comptés positivement à partir de C, l'un de C vers A, l'autre de C vers B. Les fonctions z_1 et z_2 sont liées par l'unique condition de Darboux

$$\text{(1)} \qquad \sqrt{1+\left(\frac{dz_1}{dr}\right)^2}+\sqrt{1+\left(\frac{dz_2}{dr}\right)^2}=2\frac{p}{q}\frac{R}{\sqrt{R^2-r^2}},$$

les trois radicaux étant pris positivement, $\frac{p}{q}$ étant un nombre commensurable qui dans le cas *partiellement* est quelconque, mais dans le cas *totalement* est supérieur ou égal à l'unité. On peut se donner *arbitrairement tout l'arc* CA *ou* CB, *l'autre en résulte par une quadrature*, sous la condition que la fonction $\left|\frac{dz_1}{dr}\right|$ ou $\left|\frac{dz_2}{dr}\right|$ soit constamment majorée par la fonction $\left|\frac{dZ_2}{dr}\right|$, où la fonction Z_2 est définie par l'égalité

$$\text{(2)} \qquad 1+\sqrt{1+\left(\frac{dZ_2}{dr}\right)^2}=2\frac{p}{q}\frac{R}{\sqrt{R^2-r^2}}, \qquad Z_2(R)=0, \qquad \frac{dZ_2}{dr}>0.$$

L'arc CB′ défini par l'égalité (2) peut être complété par le rayon rectiligne OC pour former une méridienne anguleuse : j'appelle *gong* $\left(\frac{p}{q}, R\right)$, en raison de sa forme, la surface de révolution ainsi engendrée, elle a ses géodésiques toutes fermées et est en quelque sorte *majorante* pour toutes les surfaces $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ définies par (1).

Remarquons qu'on peut remplacer (1) par

$$\text{(3)} \qquad \left|\frac{du_1}{d\eta}\right|=R\left[\frac{p}{q}+f(\eta)\right], \qquad \left|\frac{du_2}{d\eta}\right|=R\left[\frac{p}{q}-f(\eta)\right], \qquad (r=R\cos\eta),$$

où η est compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ et $f(\eta)$ une fonction *arbitraire* de η, continue ou discontinue, intégrable (au sens de Lebesgue par exemple), astreinte à la seule inégalité

$$\text{(4)} \qquad |f(\eta)|\leq\frac{p}{q}-\sin\eta.$$

Toute discontinuité de $f(\eta)$ entraîne deux parallèles anguleux concomitants, un sur CA, un sur CB. Si $f(\eta)$ n'est pas impaire, CA et CB sont des

branches de courbes analytiques différentes; en général l'équateur n'est pas anguleux, sauf si $f(0) = \pm \frac{p}{q}$.

Pour obtenir une surface dénuée de toute singularité, il est nécessaire et suffisant de prendre $p = q = 1$, $f(\eta)$ continue et impaire. L'hypothèse $p > 1$ entraîne une pointe conique soit en A, *soit en* B, *soit simultanément en* A *et* B.

2. L'arc CA′ défini par

$$(5)\quad -1+\sqrt{1+\left(\frac{dZ_1}{dr}\right)^2} = 2\frac{p}{q}\frac{R}{\sqrt{R^2-r^2}}, \quad Z_1(R)=0, \quad \left(\frac{dZ_1}{dr}\right)<0$$

forme avec l'arc CB′ défini par (2) une seule et même courbe analytique continue; l'addition de (2) et (5) montre que A′CB′ est la méridienne d'une surface à géodésiques toutes fermées, car on retrouve l'équation (1), sauf échange de z_1, z_2, p, q en Z_1, Z_2, $2p$, q. Pour $p = 1$, on a ainsi retrouvé *sans calcul* la surface en forme de *poire* de J. Tannery, algébrique, de degré 4, qui a un point régulier en B′, un point conique en A′ et dont les géodésiques sont toutes algébriques; pour $p > 1$, on a deux pointes en A′ et B′, la surface est transcendante, mais la variable η donne des fonctions elliptiques fort simples. Appelons *poire* $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ cette surface; le plan équatorial OC la coupe en deux tronçons: celui du bas, coiffé de l'équateur supposé plein reconstitue le gong; celui du haut, toujours pointu, pourra être appelé *obus* $\left(\frac{p}{q}, R\right)$. Si nous plaçons l'obus sur une plate-forme horizontale solidifiée *en dehors* de la base de l'obus, les géodésiques de l'obus se continuent sur le plan par le prolongement des parties rectilignes des géodésiques du gong $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ complétant la poire; ces parties rectilignes sont portées par les côtés d'un polygone régulier de q côtés, ayant son centre au pied de l'axe. Il est bien clair que si nous disposons, sous cette plate-forme, un nouveau gong $\left(\frac{p'}{q'}, R'\right)$ où $R' > R$, coaxial au premier, de sorte que la plate-forme se réduira à une couronne circulaire, les géodésiques rectilignes, au lieu d'aller se perdre à l'infini, se renferment par la surface courbe du gong et la surface de révolution ainsi obtenue a ses géodésiques toutes fermées, avec un parallèle anguleux (base de l'obus) du type provisoirement écarté.

La généralisation de ce procédé est possible pour toutes les surfaces

déterminées au paragraphe précédent et donne des méridiennes admettant un nombre *arbitraire* de points anguleux tels qu'en chacun la tangente à *gauche* soit verticale, la tangente à droite inclinée sur Oz. On épuise ainsi *toutes* les surfaces de révolution à géodésiques toutes fermées.

3. Pour $q' = 1$, $q = 1$ dans l'exemple obus (p, R) coiffant un gong (p', R') on peut évidemment faire glisser l'obus sur la plate-forme du gong (toujours solidifié entre les deux cercles) sans que les géodésiques cessent de se fermer : mais alors *la surface cesse d'être de révolution*. On peut sur un gong (p', R') disposer un nombre arbitraire d'obus (p, R), (p_1, R_1) ... dont les bases soient tout entières intérieures à la plate-forme et l'on a toujours une surface non révolutive à géodésiques toutes fermées.

4. Un gong $\left(\frac{p}{q}, R\right)$ réduit à sa portion courbe et un obus $\left(\frac{p'}{q'}, R\right)$ forment un exemple simple de surfaces résiduelles (voir ma Note précédente).

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur un théorème général relatif aux probabilités dénombrables*. Note de M. **A. Khintchine**, présentée par M. Émile Borel.

Envisageons une suite illimitée d'épreuves mutuellement indépendantes et supposons que la probabilité d'un événement $\mathcal{E}$ soit égale à p $(0 < p < 1)$ dans chaque épreuve. Supposons encore que $\mathcal{E}$ s'est réalisé $m(n)$ fois parmi les n premières épreuves, et posons

$$\mu(n) = m(n) - np.$$

On sait que $\mu(n)$ est, avec une probabilité aussi voisine que l'on veut de l'unité, infiniment petit par rapport à n. Or, j'ai réussi à trouver la limite supérieure exacte de l'ordre de grandeur de $\mu(n)$, en un sens parfaitement déterminé par ce qui suit.

Problème. — On cherche une fonction $\chi(n)$ satisfaisant à la condition suivante :

Quelque petit que soit $\varepsilon > 0$, il existe un entier positif $n_0 = n_0(\varepsilon)$ tel qu'avec une probabilité plus grande que $1 - \varepsilon$ on peut affirmer que :

1° Pour *tout* $n > n_0$ on aura

$$\left|\frac{\mu(n)}{\chi(n)}\right| < 1 + \varepsilon;$$

2° Pour *un* $n > n_0$ au moins on aura

$$\left|\frac{\mu(n)}{\chi(n)}\right| > 1 - \varepsilon.$$

RÉPONSE. — *La solution du problème est donnée par*

$$\chi(n) = \sqrt{2p(1-p)n \log\log n},$$

toute autre solution étant asymptotique à celle-ci.

Je signale les propositions auxiliaires dont je fais usage dans la démonstration.

1. Soient $\varepsilon > 0$ arbitraire et $A(n)$ la probabilité de l'inégalité

$$\left|\frac{\mu(n)}{\sqrt{2p(1-p)n \log\log n}}\right| > 1 + \varepsilon.$$

On a

$$A(n) < \frac{K_1}{(\log n)^{1+\sigma}},$$

$K_1 > 0$ et $\sigma > 0$ étant indépendants de n.

2. Soit, de plus, $n_1 < n_2 < 2n_1$, et soit $B(n_1, n_2)$ la probabilité de l'inégalité

$$\left|\frac{\mu(n_1)}{\sqrt{2p(1-p)n_1 \log\log n_1}} - \frac{\mu(n_2)}{\sqrt{2p(1-p)n_2 \log\log n_2}}\right| > \varepsilon.$$

On a

$$B(n_1, n_2) < K_2 \left\{ e^{-K_3 \frac{n_1 \log\log n_1}{n_2 - n_1}} + n_1 e^{-K_4 \sqrt{n_1}} \right\},$$

les K étant indépendants de n_1, n_2 et positifs.

3. Soit $D(n)$ la probabilité de l'inégalité

$$\frac{\mu(n)}{\sqrt{2p(1-p)n \log\log n}} > 1 - \varepsilon \qquad (0 < \varepsilon < 1).$$

On a

$$D(n) > K_5 \frac{\sqrt{\log\log n}}{(\log n)^{1-\tau}},$$

$K_5 > 0$ et $\tau > 0$ étant indépendants de n.

Remarques sur la Note de M. A. KHINTCHINE, par M. **ÉMILE BOREL.**

On ne diminue pas l'importance des beaux résultats de M. Khintchine en faisant observer que son problème est partiellement arbitraire du fait qu'il

introduit un seul et même nombre ε dans deux parties de l'énoncé entièrement indépendantes l'une de l'autre. La méthode de M. Khintchine s'appliquerait certainement aussi à la solution du problème plus général dans lequel, les conditions 1° et 2° de son problème restant les mêmes, on pourrait seulement affirmer que ces conditions sont vérifiées avec une probabilité supérieure à $1-\eta$, η tendant vers zéro en même temps que ε suivant une loi simple donnée, soit $\eta=\varphi(\varepsilon)$. On pourrait aussi se proposer de déterminer cette fonction $\varphi(\varepsilon)$ de telle manière que la solution du problème soit donnée par une formule analogue à celle qui donne $\chi(n)$, mais où $\log\log n$ serait remplacé par une autre fonction donnée. Il serait sans doute commode, pour résoudre ces problèmes, de simplifier certaines des inégalités auxiliaires de M. Khintchine, en utilisant la possibilité de modifier la valeur numérique de certaines des constantes qui y figurent.

ÉLASTICITÉ. — *Plaques rectangulaires épaisses.* Note de M. CARL A. GARABEDIAN, présentée par M. Mesnager.

J'ai exposé récemment [1] une méthode de séries se rapportant à la théorie de l'élasticité, en résumant deux opuscules dans lesquels j'ai donné le détail des calculs ayant trait (*i*) aux plaques circulaires d'épaisseur constante ou variable et (*ii*) aux tiges d'une section circulaire constante ou variable. Maintenant je me propose d'étudier pareillement les plaques rectangulaires. On peut donc supposer une épaisseur variable, mais je me borne ici à une épaisseur constante et de plus à une charge uniformément répartie. Ainsi les équations aux dérivées partielles se trouveront beaucoup moins compliquées, et peut-être sera-t-il possible de les résoudre de manière à trouver les solutions exactes [2].

Nous suivons une marche analogue à celle déjà élaborée dans notre opuscule sur les plaques circulaires. Si les bases de la plaque sont $z=\pm h$, nous écrivons $z=\zeta t, h=\eta t$, et conformément à notre *supposition fondamentale* nous exprimons les déplacements sous la forme

$$u(x,y,z)=u_0(x,y,\zeta)+u_1(x,y,\zeta)t+u_2(x,y,\zeta)t^2+\ldots, \tag{1}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 942.

[2] Comme solution exacte donnée pour les plaques rectangulaires, je ne connais que celle de M. Mesnager, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 721 et t. 165, 1917, p. 551. Voir aussi : M. RIBIÈRE, *Thèse*, 1888; Gounouilhou, Bordeaux.

v et w ayant de semblables développements. Dans ces formules de déplacement les coefficients sont déterminés comme suit [1] :

1° Supposons nulles les forces extérieures s'exerçant sur le volume, et nous avons trois équations en u, v, w qui se présentent comme des identités en t. Elles déterminent formellement les coefficients dans les séries (1) jusqu'aux fonctions arbitraires de x et y.

2° Les conditions se rapportant aux bases de la plaque s'expriment par six identités en t, desquelles nous tirons les équations aux dérivées partielles qui précisent les fonctions arbitraires de x et y.

3° Les constantes d'intégration sont fixées suivant les conditions des bords; nous employons ici les définitions ordinaires (Love, p. 468) d'un bord libre, appuyé ou encastré. D'après notre méthode, nous nous servons des conventions de Love, p. 462 ; bref nous exprimons

$$T_1, T_2, N_1, N_2, G_1, G_2, H_1 = -H_2, S_1 = -S_2$$

au moyen des déplacements (1), et nous supposons que ces efforts *résultants* s'écrivent ainsi :

$$T_i = T_i^0 + T_i^1 t + T_i^2 t^2 + T_i^3 t^3 + \ldots, \text{ etc.} \tag{2}$$

Ici les coefficients sont fonctions de x et y seulement. Dans ces développements du type (2) il ne nous reste plus qu'à calculer les coefficients au moyen de u, v, w, pour traiter les différentes conditions dans lesquelles peuvent se présenter les bords de la plaque.

Ayant esquissé l'essentiel afin de résoudre le problème de la plaque rectangulaire, je vais donner un exemple explicatif. Je me borne ici au problème de Navier (quatre bords appuyés), et j'emploie les séries doubles pour éviter les formules un peu plus longues de la méthode de M. Levy [2].

Il faut dire qu'en suivant la marche décrite ci-dessus, il n'y a dans le cas d'une charge uniforme aucun terme d'un ordre plus élevé que t^4. Dans notre problème particulier on trouve donc les formules concises pour u, v, w, comme aussi pour les efforts X_x, Y_y, Z_z, Y_z, Z_x, X_y. Quant aux efforts résultants, on obtient des formules simples pour N_1, N_2, G_1, G_2,

---

(1) J'emploie les notations de Love (*The Mathematical Theory of Elasticity*, Cambridge, 1920).

(2) *Comptes rendus*, t. 129, 1899, p. 535. — Voir aussi : M. Estanave, *Thèse*, 1900; Gauthier-Villars, Paris.

$H_1 = -H_2$; T_1, T_2 et $S_1 = -S_2$ s'annulent dans toute la plaque. Faute de place je ne donne ici que les déplacements; on peut calculer les efforts au moyen de ces déplacements si besoin est. Si l'on pose $m = \frac{i\pi}{a}$, $n = \frac{j\pi}{b}$, i et j impair, il résulte :

$$(3a) \quad u = \frac{16pz}{abD}\sum\sum\frac{\cos mx \sin ny}{n(m^2+n^2)^2} - \frac{\sigma p(a-2x)h^3}{6(1-\sigma^2)D}$$

$$-\frac{8p}{15(1-\sigma)abD}\{3(2+3\sigma)h^2z - 5(2-\sigma)z^3\}\sum\sum\frac{\cos mx \sin ny}{n(m^2+n^2)};$$

(3b) v se déduit de u par permutation des axes;

$$(3c) \quad w = -\frac{16p}{abD}\sum\sum\frac{\sin mx \sin ny}{mn(m^2+n^2)^2}$$

$$-\frac{8p}{5(1-\sigma)abD}\{(8-3\sigma)h^2 - 5\sigma z^2\}\sum\sum\frac{\sin mx \sin ny}{mn(m^2+n^2)}$$

$$-\frac{p}{120(1-\sigma^2)D}\{40h^3z + 6(5-3\sigma)(1+\sigma)h^2z^2 - 5(1+\sigma)^2z^4\}.$$

Ici les bords de la plaque sont $x = 0$, $x = a$, $y = 0$, $y = b$, et la base $z = h$ est soumise à une pression p par unité d'aire. Les constantes σ et D se conforment aux notations de Love.

Lorsqu'on met $z = 0$ dans les formules ci-devant, on obtient u, v, w pour le feuillet moyen. En particulier, nous remarquons qu'il reste dans $w(x, y, 0)$ un terme correctif en h^2, lequel manque dans la théorie approximative; en effet, dans cette théorie la solution (due à Navier) est justement le premier terme dans notre w.

Qu'il me soit permis de dire en terminant qu'on peut appliquer également la méthode de séries dans le cas des équations aux dérivées partielles du paragraphe 2, qui se présentent comme équations différentielles *auxiliaires* dans notre conduite du problème de la plaque. Ainsi l'on a des équations aux dérivées *totales*, et l'on trouve de nouvelles solutions pour les poutres d'une section rectangulaire.

Observation de M. Mesnager *sur la Note précédente.*

M. Garabedian donne par sa méthode les formules rigoureuses de la plaque rectangulaire *épaisse*, uniformément chargée posée sur son contour; mais avec une répartition parabolique des réactions dans l'épaisseur dont il n'est pas le maître. Cette répartition n'a d'influence sensible qu'à une dis-

tance du contour inférieure à l'épaisseur et d'ailleurs on doit pouvoir s'en affranchir.

Cette solution est très intéressante, car les expressions obtenues par Navier, il y a un siècle, s'appliquent seulement à la plaque infiniment mince (ou à la plaque épaisse, astreinte à ce que ses normales restent rectilignes et normales à la surface pendant la déformation, ce qui s'écarte fort de la réalité).

J'avais résolu le problème de la plaque épaisse chargée au centre en 1917 ([1]); mais j'avais renoncé à calculer le cas de la plaque chargée en d'autres points à cause de la complication des calculs.

En appliquant la solution de M. Garabedian au cas d'une plaque indéfinie en un sens, on retombe sur les formules de tensions que j'avais données en 1901 ([2]) pour la poutre rectangulaire uniformément chargée. En particulier on constate que la composante verticale des pressions sur les plans horizontaux est identiquement la même dans la plaque et dans la poutre.

CHRONOMÉTRIE. — *Sur un chronographe enregistreur, imprimant jusqu'aux centièmes de seconde.* Note de M. **L. Leroy**, présentée par M. Bigourdan.

Cet appareil, construit par MM. Leroy et Brillié, est constitué par un moteur électrique semblable à celui du transmetteur de signaux horaires de l'Observatoire de Paris, et synchronisé quatre fois par seconde par un chronomètre de marine.

Les tops sont produits automatiquement par un contact électrique, et l'enregistrement se fait par frappe directe, en caractères lisibles qui s'impriment sur une bande de papier, formant ainsi un document permanent dont l'avantage est évident.

Le volume du chronographe est à peine supérieur à celui du chronomètre de marine, ce qui en rend l'emploi facile pour les épreuves sportives.

Le chronométrage au centième de seconde est assuré avec toute la précision désirable.

C'est avec un plein succès que les épreuves sportives de Chamonix ont été chronométrées au moyen de cet appareil. Sans doute il pourra aussi rendre des services à l'Astronomie.

([1]) *Comptes rendus*, t. 165, 1917, p. 551.
([2]) *Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 1475.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la résultante aérodynamique d'un planteur soumis à des pulsations aériennes verticales*. Note de M. **Louis Breguet**, présentée par M. Deslandres.

M. Rateau a analysé (¹), par des calculs que nous établissions simultanément, le problème d'une aile immobile soumise à un courant d'air ondulé. Mais pour un planeur libre, utilisant au mieux les pulsations verticales du vent, la période des pulsations, qui n'intervenait pss pour l'aile fixe, devient le facteur prépondérant de la discussion, ainsi que cette Note va l'établir.

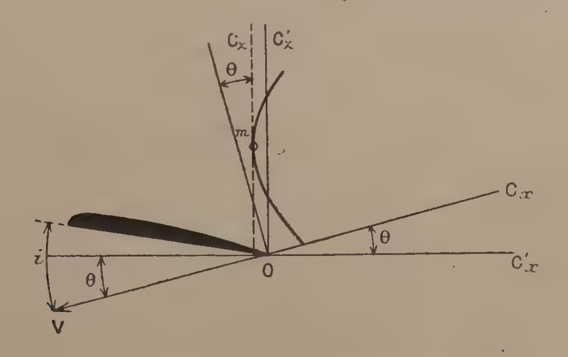
Soient :

i, c_x, c_z l'incidence au temps t de l'aile comptée à partir de celle du minimum de traînée et les coefficients de traînée et de poussée rapportés à la vitesse aérodynamique et à sa normale;

c'_x, c'_z, a, g les mêmes coefficients rapportés à l'horizontale et à la verticale, le poids spécifique de l'air et l'accélération de la pesanteur;

v, v_M, T la vitesse de la pulsation verticale agissant sur le planeur au temps t, sa valeur maximum et sa période; en posant $\omega T = 2\pi$, nous admettrons que $v = v_M \sin \omega t$;

P, S, V, θ le poids et la surface du planeur, la grandeur de sa vitesse aérodynamique dont nous négligerons les variations et l'inclinaison au temps t de cette vitesse sur l'horizontale.



Les angles i et θ, en radians, seront positifs dans le cas de la figure. En nous bornant aux incidences en fonction desquelles on peut représenter c_x par une parahole et c_z par une droite, nous écrirons, α, β, A, B, étant des

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 280.

constantes,

(1) $$c_x = \alpha + \beta i^2,$$

(2) $$c_z = A + Bi.$$

Mais la figure montre que la meilleure valeur de c'_x sera toujours obtenue au point m de la polaire pour lequel la tangente fait l'angle θ avec l'axe des c_z, ce qui donne la condition $dc_x = \theta dc_z$, d'où, d'après (1) et (2), $i = \frac{B}{2\beta}\theta$. Assimilons $\cos\theta$ à 1, $\sin\theta$ à θ et négligeons les termes en θ^3, ainsi que α devant $\frac{B^2}{2\beta}$, il vient, en remplaçant i par $\frac{B}{2\beta}\theta$,

(3) $$c'_x = c_x - \theta c_z = \alpha - A\theta - \frac{B^2}{4\beta}\theta^2,$$

(4) $$c'_z = c_z + \theta c_x = A + \frac{B^2}{2\beta}\theta.$$

Mais $\frac{dz}{dt}$ étant la vitesse verticale du centre de gravité du planeur, on a

(5) $$\theta = \frac{V - \frac{dz}{dt}}{V},$$

(6) $$\frac{P}{g}\frac{d^2z}{dt^2} = \frac{a}{2g}c'_z SV^2 - P = \frac{a}{2g}ASV^2 + \frac{aB^2SV}{4\beta g}\left(V_M \sin\omega t - \frac{dz}{dt}\right) - P.$$

La périodicité du mouvement exige que la somme des termes constants de l'équation (5) soit nulle, d'où

(7) $$P = \frac{a}{2g}ASV^2.$$

En posant alors

(8) $$\rho = \frac{P}{SV}\frac{4\beta}{aB^2},$$

il vient

(9) $$\rho\frac{d^2z}{dt^2} + \frac{dz}{dt} = V_M \sin\omega t.$$

Remplaçons, dans la formule (5), $\frac{dz}{dt}$ par la solution permanente de l'équation (9), nous obtenons facilement

(10) $$\theta = \frac{v_M}{V}\frac{\omega\rho}{1+\omega^2\rho^2}(\omega\rho\sin\omega t + \cos\omega t).$$

Ceci étant posé, la condition du vol à voile est que la valeur moyenne de c_x soit nulle dans la période. Celle de θ étant nulle, il reste, d'après la

formule (3),

$$(11) \qquad \frac{1}{T}\int_0^T \theta^2\, dt = \frac{4\alpha\beta}{B^2}.$$

Or la formule (10) permet d'évaluer l'intégrale du premier membre. Finalement, la condition de possibilité du vol s'écrit sous la forme d'une simplicité remarquable :

$$(12) \qquad \left(\frac{v_M}{V}\right)^2 = \frac{8\alpha\beta}{B^2}\left(1 + \frac{1}{\omega^2\rho^2}\right).$$

Discussion. — Pour un très bon planeur, $\alpha = 0{,}014$, valeur qui tient compte de résistances nuisibles faibles. Le coefficient β, voisin de 1,3, varie peu d'une aile à l'autre. Quant à B, quel que soit le profil, il ne dépend que de l'envergure relative en fonction de laquelle il varie de 3,8 à 5 lorsque cette envergure croît de 5 à 10. Notons enfin que la croissance de B entraîne, pour un même profil, celle de A. A la discussion de l'équation (12), il apparaît qu'une faible résistance α, une courte période, une faible valeur de $\frac{P}{S}$, et de grandes valeurs de B et de A sont avantageuses. Cette conclusion et la croissance simultanée de B et de A avec l'envergure relative montrent l'avantage indiscutable des ailes peu profondes et de grande envergure.

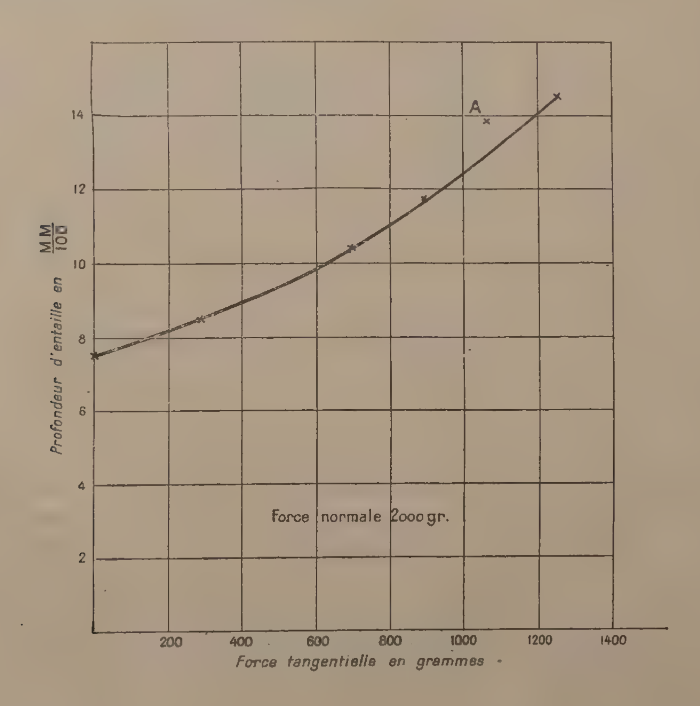
Cette conclusion nouvelle nous a paru digne de remarque, car elle explique l'étroitesse, étonnante a priori, *des ailes des oiseaux de mer bons voiliers, notamment des albatros dont la grande envergure relative est si frappante.*

Notons maintenant que $\frac{8\alpha\beta}{B^2}$ est le carré de l'oscillation verticale que devrait avoir le vent relatif pour une période infiniment courte, sa valeur étant 0,0058, pour $\alpha = 0{,}014$, $\beta = 1{,}3$ et $B = 5$, d'où une oscillation de $4^\circ 21'$. Pour une période de $1''$, $\frac{P}{S} = 10$ et $A = 0{,}3$, nous trouvons $V = 23$ m : s, $\rho = 0{,}074$, $\frac{v_M}{V} = 0{,}183$, d'où une oscillation de $10^\circ 20'$ et une vitesse v_M de $4^m,20$.

Les pulsations verticales des vents marins ne semblent pas avoir une telle intensité pour des périodes de l'ordre d'une seconde. Aussi nos calculs montrent-ils que les oiseaux, tout en les utilisant, ne peuvent en tirer la totalité de l'énergie nécessaire au vol sans battements.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la déformation que produit une force tangentielle dans la surface de contact entre deux corps.* Note de M. **Alfred Muller**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Dans la méthode sclérométrique de mesure de la dureté des matériaux, on applique à la pointe rayante une force normale et une force tangentielle, et pour exprimer la dureté on ne se sert que de la relation qui existe entre la force normale et la raie produite, sans tenir compte d'une influence possible de la force tangentielle sur la formation de la raie. Cette influence doit cependant exister selon toute probabilité. Pour une pointe glissante il serait peut-être difficile de la mettre directement en évidence; mais j'ai pû le faire d'une façon très simple pour le cas plus général de deux corps de duretés différentes, se trouvant en contact sous l'influence d'une force normale et d'une force tangentielle.



Je me suis servi d'un trièdre en acier et d'un trièdre en aluminium, disposés en croix, deux arêtes se touchant, de façon que l'arête du trièdre en acier ait produit une entaille sur l'arête du trièdre en aluminium. En

appliquant d'abord une force normale donnée, puis y ajoutant une force tangentielle croissante, j'ai trouvé que la profondeur de l'entaille formée sous la force normale a augmenté d'une façon régulière avec la force tangentielle, comme l'indique la courbe donnée ci-contre.

Sur cette courbe, qui se rapporte à une force de 2000^g, l'abscisse est la force tangentielle en grammes, tandis que l'ordonnée marque la profondeur de l'entaille en centièmes de millimètre.

J'ai opéré dans des conditions de frottement particulièrement favorables à cette démonstration, c'est-à-dire avec un grand coefficient de frottement, qui, sans être resté constant, a dépassé quelquefois 0,8.

Pour avoir une surface de contact régulière, j'ai commencé par donner un polissage parfait (avec la meule à l'alumine) à l'arête en acier. J'ai pu obtenir ceci en arrondissant l'extrémité de l'arête. Ensuite j'ai fait glisser cette arête bien polie plusieurs fois sur une arête en aluminium. Le coefficient de frottement s'est accru, en même temps que l'acier s'est recouvert d'une mince couche d'aluminium. Les profondeurs d'entaille ont été mesurées sur des photographies, silhouettées au microscope.

La courbe montre aussi l'influence sur la grandeur de l'entaille qu'exerce un *glissement* de l'arête coupante. En effet, pour le point A un seul glissement s'est produit d'une longueur d'environ 10^{mm}.

En étudiant de plus près la nature de l'influence de la force tangentielle, on arriverait peut-être à trouver une relation tout aussi propre à exprimer la notion de la dureté que le sont les relations dont on se sert actuellement. Ni le nombre sclérométrique, ni le nombre Brinell, ne correspondent à un coefficient propre à la matière examinée. Ils dépendent tous deux des conditions de l'expérience.

MAGNÉTISME. — *Sur les lois des anomalies magnétiques provoquées soit par les courants électriques, soit par les gisements magnétiques.* Note [1] de M. **P. Lasareff**, présentée par M. Jean Perrin.

La présente Note a pour objet d'indiquer un critérium qui permette de distinguer les anomalies magnétiques provoquées par les courants électriques, de celles provoquées par la présence des gisements magnétiques. J'examinerai d'abord l'anomalie due à l'existence d'un courant électrique

(1) Séance du 4 février 1924.

rectiligne parallèle à la surface de la Terre et l'anomalie dépendant de l'action des pôles magnétiques distribués uniformément sur une ligne droite parallèle à la même surface.

J'appellerai ligne fondamentale de l'anomalie la projection du courant et celle de la ligne magnétique.

Soit a (*fig.* 1) la distance OA du courant ou de la ligne magnétique de a surface de la Terre. Nous admettrons que le plan de la figure est perpendiculaire à ces lignes. D'autre part soient x la distance AB (B représente le point d'observation) et r la distance OB.

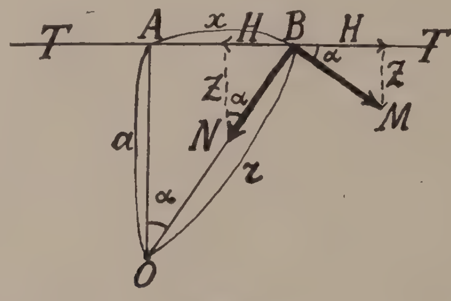


Fig. 1.

Je calculerai les variations de la composante verticale anomale Z_a et la composante horizontale anomale H_a dans le cas de courant électrique et dans le cas de gisement magnétique.

A. *Courant électrique.* — La force magnétique due au courant peut être représentée par un vecteur $BM = M = \frac{B}{r}$ où B est une constante dépendant de l'intensité du courant (*fig.* 1)

$$\text{(I)} \quad \begin{cases} H_a = M\cos\alpha = \dfrac{Ba}{x^2+a^2}, \\ Z_a = M\sin\alpha = \dfrac{Bx}{x^2+a^2}. \end{cases}$$

B. *Gisement magnétique linéaire.* — La force d'attraction sur l'unité de masse magnétique exercée par la ligne des pôles est égale à $BN = N = \frac{B}{r}$, où B est une constante (*fig.* 1)

$$\text{(II)} \quad \begin{cases} H_a = N\sin\alpha = \dfrac{Bx}{a^2+x^2}, \\ Z_a = N\cos\alpha = \dfrac{Ba}{a^2+x^2}. \end{cases}$$

Les expressions (I) et (II) sont représentées dans la figure 2, où la ligne AA représente la fonction $\frac{Ba}{x^2+a^2}$ et la ligne BB la fonction $\frac{Bx}{x^2+a^2}$ ($B=1$ et $a=1$).

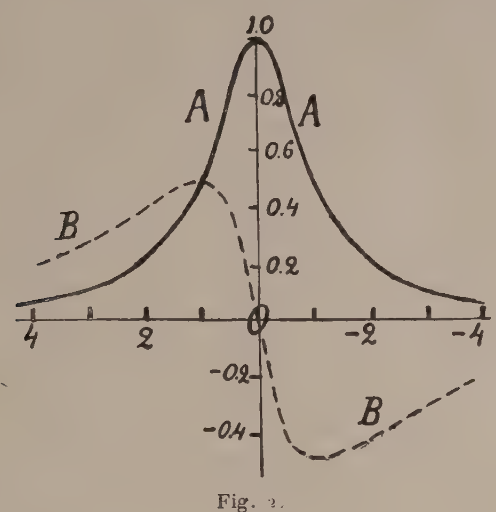


Fig. 2.

Si au lieu d'une ligne de pôles unique nous avions deux lignes sur lesquelles étaient distribuées des masses égales et de signe contraire, nous aurions

$$Z_a = B\left[\frac{a}{a^2+x^2} - \frac{b}{b^2+(x-c)^2}\right] \quad \text{et} \quad H_a = B\left[\frac{x}{a^2+x^2} - \frac{x-c}{b^2+(x-c)^2}\right],$$

a et b étant les distances des lignes de pôles à la surface de la Terre et c la distance des projections de ces lignes sur la même surface.

Si les anomalies sont produites par plusieurs lignes de pôles parallèles nous avons

$$Z_1 = \Sigma B_1\left[\frac{a_1}{a_1^2+(x-c_1)^2}\right] \quad \text{et} \quad H_1 = \Sigma B_1\left[\frac{x-c_1}{a_1^2+(x-c_1)^2}\right],$$

où Σ est la somme des termes ayant B_1, a_1, c_1 variant d'une ligne à l'autre.

On peut donner un second critérium pour résoudre la question des causes d'anomalie : les vecteurs de H_a sont toujours perpendiculaires à la ligne fondamentale; mais tandis que dans le cas du courant ces vecteurs ont la même direction en traversant la ligne fondamentale, dans le cas des gisements linéaires, par contre, la direction des vecteurs change de signe en traversant la ligne fondamentale.

Si au lieu des Z_a et H_a nous prenons Z et H directement observées, nous

obtenons pour Z les lois semblables : le maximum de Z (gisement) et la valeur normale de Z (courant) correspondent à la ligne fondamentale, Z étant égale à $Z_a + Z_n$ (Z_n est constante dans le domaine de l'anomalie).

Si la ligne fondamentale est perpendiculaire à la direction du méridien magnétique les lois pour H restent également semblables au cas déjà cité, mais elles sont plus compliquées si la ligne fondamentale fait un angle différent de 90° avec le méridien.

J'indiquerai enfin que pour les déclinaisons nous obtenons les lois suivantes : dans le cas des gisements la région de la ligne fondamentale sépare les domaines de déclinaison à l'ouest des domaines de déclinaison à l'est. Dans le cas du courant électrique nous avons le long de la ligne fondamentale une inflexion des isolignes de D.

Dans le domaine de l'anomalie de Koursk, que j'ai déjà étudiée dans deux Notes précédentes (1), la distribution de Z, H et D correspond en tous points à l'existence d'un gisement.

RADIOACTIVITÉ. — *Technique chimico-physique de détection du polonium injecté dans les organes.* Note de Mme **J. Samuel Lattès** et M. **Antoine Lacassagne**, transmise par M. Jean Perrin.

Fernau, Schramek et Zarzycki (2), ayant injecté du polonium à des animaux, l'ont recherché dans certains organes au moyen d'une méthode chimique, qu'ils décrivent en indiquant aussi leur technique de préparation d'une solution de polonium injectable par voie intra-veineuse.

Nous avons repris ces recherches dans le but de compléter et d'étendre les résultats déjà connus, en utilisant une technique qui nous a paru susceptible de fournir des résultats plus précis.

Le polonium a été préparé, purifié et dosé par les procédés actuellement en usage au laboratoire Curie, en adoptant comme mesure la valeur en unités E. S. du courant de saturation produit par l'absorption totale, dans l'air, des rayons α émis par une lame sur laquelle on a déposé le polonium.

L'énergie ainsi mesurée constitue la moitié de l'énergie du rayonnement, l'autre moitié étant absorbée dans le métal, tandis que, dans l'organisme injecté, l'énergie est utilisée tout entière. Les mesures qui concernent ce

(1) P. Lasareff, *Comptes rendus,* t. 177, 1923, p. 1232; t. 178, 1924, p. 510.

(2) A. Fernau, Schramek et Zarzycki, *Ueber Wirkung von Polonium-Strahlentherapie*, t. 3, 1913, p. 333.

travail ayant toujours été effectuées de la même manière sont toutes comparables.

La solution injectable est préparée à partir d'un dépôt de polonium antérieurement fait sur lame d'argent. On dissout entièrement cette lame dans de l'acide azotique étendu, on précipite l'argent sous forme de chlorure par addition d'acide chlorhydrique. Le polonium reste dans le liquide qu'on sépare du précipité par filtration et lavage. On débarrasse complètement ce liquide actif de toute trace d'acide azotique — gênant dans la suite — par plusieurs évaporations à sec et adjonctions successives d'HCl. Ce point réalisé, on dissout le résidu impondérable de cette série d'évaporations dans de l'eau légèrement acidulée par HCl [1] et l'on procède à un dosage par gouttes déposées sur lames de verre suivant une technique en usage, sur laquelle nous n'insisterons pas. Ensuite cette solution, sous un faible volume (1^{cm^3} à 2^{cm^3}), est ajoutée à du sérum artificiel ou à du sérum sanguin de l'animal à injecter.

Nous décrirons dans cette Note la technique chimico-physique qui nous a servi à mesurer le polonium dans les organes des animaux injectés.

Nous avons cherché à élaborer une technique qui fût à la fois relativement simple, rapide, et exempte de graves causes d'erreur. Pour cela, nous avons rejeté les procédés qui auraient exigé des filtrations plus ou moins nombreuses (elles ont, en effet, le grave inconvénient de fixer sur les filtres des quantités de polonium parfois considérables), ceux qui auraient entraîné l'éparpillement des substances actives, ou l'absorption du polonium par des substances étrangères, comme le charbon pulvérisé résultant de la combustion incomplète des organes. Suivant ces directives, nous avons cherché à réaliser pour chaque organe une solutiou organo-minérale d'où le polonium puisse être extrait directement par dépôt sur argent. Nous y sommes parvenus de la façon suivante :

Chaque organe, après avoir été pesé, est soumis à l'action du chlore naissant par adjonction progressive de ClO^3K et de HCl concentré.

L'opération, assez tumultueuse, a lieu à froid et se continue au bain-marie, en plein air, près de hottes communiquant avec une aspiration à air comprimé. Quand la dissociation des tissus est complète, on obtient ainsi un liquide clair et homogène. On y ajoute un excès de HCl et l'on fait bouillir pendant 20 minutes dans ce liquide une lame d'argent pur (dimension $4^{cm} \times 4^{cm} \times 0^{cm},02$) sur laquelle s'effectue le dépôt

---

(1) Afin d'obvier à la tendance que possède le polonium d'adhérer facilement aux parois des récipients qui le contiennent quand il est en solution neutre, nous avons dû ajouter une trace d'HCl ($0^g,020$ environ) à la solution. Nous évitions ainsi une cause d'erreur, survenue dans une de nos premières expériences, dans laquelle le flacon ayant contenu la solution non acidulée avait retenu sur ses parois une très importante quantité de polonium.

du polonium. On mesure ensuite dans une chambre d'ionisation à rayonnement α, à l'aide d'un dispositif électrométrique, successivement l'activité des deux faces de cette lame.

Des déterminations préalables nous ont amenés à constater que l'activité mesurée dans ces conditions représentait, à un faible pourcentage près, l'activité contenue dans la solution organo-minérale. En effet, le résidu sec de la solution désactivée n'a conservé, dans un grand nombre des cas examinés, qu'une activité résiduelle tout à fait négligeable devant celle de la lame d'argent. Il faut observer que l'activité qui se dépose sur la tranche de la lame se trouve mesurée deux fois, d'où une erreur en sens inverse de celle provenant de l'activité conservée par le résidu sec. Mais ces deux sortes d'erreur, positive d'une part, négative d'autre part, sont assez faibles pour qu'il n'y ait pas eu lieu de se préoccuper d'une correction à appliquer.

Nous nous sommes attachés du reste, une fois notre technique établie, à l'appliquer sous la même forme dans tout le cours des déterminations qui font l'objet de cet exposé, afin qu'elles soient toutes comparables entre elles. En outre, on a examiné le cas où l'organe analysé contient des graisses. Celles-ci ne sont pas détruites par l'action du chlore, mais sont seulement libérées des cellules détruites et flottent dans le liquide. Ces graisses, prélevées hors de la solution après ébullition de celle-ci, se sont montrées parfaitement inactives, par suite il n'a pas été tenu compte de cette particularité.

Cette méthode permet de déceler des quantités de l'ordre 10^{-3} U. E. S. par gramme d'organe, lorsque celui-ci atteint 10 à 15^{g}. La méthode radiographique pour la détection dans un organe, d'une aussi faible quantité de polonium, ne donnerait pratiquement aucun résultat.

Par contre la méthode chimico-physique nous donne seulement *l'activité moyenne* d'un organe. Seule *l'auto-histo-radiographie* nous renseigne sur la répartition du polonium dans les divers tissus d'un même organe.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur la fluorescence de quelques composés organiques.* Note de MM. **Edmond Bayle** et **René Fabre**, présentée par M. Jean Perrin.

Nous avons été amenés, depuis longtemps, à utiliser les fluorescences de teintes variées que provoque l'éclairage ultraviolet, soit pour différencier des taches de diverses natures, soit pour mettre en évidence des traces difficilement décelables.

Nous avons songé à étendre cette technique opératoire à la recherche de composés organiques existant en faibles quantités dans des mélanges complexes, où ils sont difficiles à séparer rigoureusement par des procédés

analytiques ordinaires. Ayant eu en particulier à rechercher divers produits stupéfiants dans des poudres susceptibles d'en contenir, nous avons constaté que la novocaïne donne, sous l'influence des radiations ultraviolettes, une fluorescence très intense, tandis que la cocaïne et la stovaïne, dans les mêmes conditions, restent parfaitement obscures. Ce phénomène est tellement net qu'il permet de séparer à la pince les cristaux de novocaïne dans un mélange complexe.

Il en est de même d'un mélange où entre du salicylate de soude à côté de produits inactifs comme le talc, le borax, etc. Le salicylate de soude peut être aisément séparé à cause de la vive fluorescence violette qu'il émet sous le rayonnement ultraviolet.

Ces observations nous ont conduits à généraliser ces recherches et à étudier tout d'abord la fluorescence de l'acide salicylique et de ses dérivés. Ces derniers (sels, éthers, etc.) assez nombreux et bien définis sont, en effet, d'un usage fort courant et leur étude, à ce point de vue, présentait quelque intérêt.

Comme radiation excitatrice nous avons utilisé la raie 3650 du mercure (brûleur Henri George, filtre épais à l'oxyde de nickel).

Nous avons tenté d'étudier le spectre des fluorescences observées et de tracer pour chacun d'eux, au moyen du spectrophotomètre Yvon, la courbe de la répartition de l'énergie, mais en aucun cas la fluorescence n'a été assez intense pour permettre de telles mesures. Nous n'avons pu qu'apprécier, pour un certain nombre des corps étudiés, la longueur d'onde dominante.

Pour cela, le corps examiné, comprimé sous forme de pastilles, est placé, en même temps qu'il est irradié, au foyer d'une petite lunette (lunette de réglage du spectrophotomètre précité) et la plage ainsi observée est comparée avec celle que donnent, dans la lunette du comparateur, les différentes régions du spectre d'une petite lampe à incandescence. On amène ces deux plages à égalité de teinte en faisant tourner le système dispersif. Selon que les teintes sont plus ou moins complexes l'évaluation se fait à 10 ou 50 angströms près.

Pour apprécier l'intensité nous avons disposé l'ensemble des pastilles les unes à côté des autres et nous avons noté leur fluorescence en désignant par 20 l'intensité du salicylate de soude. Les composés liquides ont été examinés dans des tubes en quartz [1].

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

---

[1] Les détails de la technique opératoire seront donnés dans un autre recueil.

	Fluorescence excitée par la raie 3650 du mercure.		
	Couleur.	Longueur d'onde dominante.	Intensité.
Benzène	o	o	o
Phénol	o	o	o
Diphénol ortho : pyrocatéchine	violet foncé	»	1
» méta : résorcine	o	o	o
» para : hydroquinone	noir violacé	»	0,5
Acide benzoïque	légèrement bleu	»	3
Benzoate de soude	blanchâtre	»	4
» de lithine	viol. lavé de blanc	»	3
» de mercure	violet	»	2
» de naphtol (benzonaphtol)	verdâtre	»	8
Acide ortho : oxybenzoïque (acide salicylique)	viol. lavé de blanc	4640	8
» méta : »	id.	4660	6
» para : »	bleu violacé	4730	3
Salicylate de sodium	violet	4580	20
» de potassium	violet	4540	14
» de lithium	violet	4580	12
» de magnésium	bleu violacé	4630	5
» de mercure	verdâtre	»	5
» de bismuth	o	o	o
» de quinine	violet pâle	»	2
» d'ésérine	bleu violacé	4670	4
» d'antipyrine	id.	4680	11
» de méthyle	verdâtre	»	4
» d'éthyle	id.	»	4
» d'amyle	bleu violacé	»	4
» de benzyle	violet	»	4
» de phénol (salol)	bleu verdâtre	4780	10
» de naphtol (betol)	bleu	4630	8
» d'acétylparaminophénol (salophène)	bleu verdâtre	4780	10
Acide acétylsalicylique	o	o	o
Coumarine	violacée	»	4
Saccharine	blanchâtre	»	3
Acide sulfanilique	gris jaunâtre	»	1
Novocaïne	bleu violet	4670	18
Méta-oxybenzoate de sodium	violet foncé	»	2.5
Para-oxybenzoate de sodium	bleu violacé	»	3
Acide dioxybenzoïque (résorcylique)	bleu verdâtre	4780	11
Résorcylate de sodium	violet	»	2
Cocaïne (chlorhydrate)	o	o	o
Stovaïne »	o	o	o

Nous nous proposons de poursuivre ces recherches en donnant à la longueur d'onde de la radiation excitatrice des valeurs plus petites (ultraviolet) et aussi des valeurs plus grandes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Détermination de la température d'ébullition du brome.* Note (1) de MM. **A. Bouzat** et **G. Leluan**, transmise par M. Paul Sabatier.

La température d'ébullition du brome a été l'objet de nombreuses déterminations, mais les résultats présentant des différences importantes (2) nous avons cru utile de refaire cette mesure.

Dispositif et conduite des expériences. — Nous avons employé un appareil en pyrex dont les différentes parties étaient réunies par des rodages.

Le ballon, de forme cylindrique, contenait une couche de 5^{cm} au moins de flint concassé, destiné à éviter la surchauffe. Après chaque opération, le flint était lavé, et pour qu'il reprît ses propriétés, il était, pendant 48 heures, exposé à l'air à l'abri des poussières.

Le thermomètre, suspendu par un crochet de verre, avait son réservoir à quelques centimètres au-dessus du liquide et sa tige entourée d'une double enveloppe de vapeur. Il était gradué en vingtièmes de degré, de 54° à 66°. On l'a comparé à un thermomètre étalon Baudin dont on a repris le zéro. Les indications ont été rapportées à celles du thermomètre à hydrogène (3).

La pression barométrique était lue au commencement et à la fin de chaque expérience et les lectures étaient corrigées pour la réduction à 0° (4). On a admis, d'après les expériences de Ramsay et Young (5) qu'au voisinage de la pression atmosphérique, la température d'ébullition du brome varie de 1° pour 25^{mm} de mercure.

Pendant la distillation, la température était lue de minute en minute. Elle était d'abord ascendante, puis elle se fixait; elle augmentait un peu à la fin de l'opération, quand il ne restait presque plus de brome.

Nous avons produit dans certaines expériences une ébullition modérée, dans d'autres

---

(1) Séance du 28 janvier 1924.

(2) « Le point d'ébullition du brome a donné lieu à un assez grand nombre de déterminations qui ont conduit à deux séries de nombres venant se grouper les uns autour de 63°, les autres autour de 59°. » (Moissan, *Traité de Chimie minérale*, t. 1, p. 133.)

(3) On s'est servi de la Table publiée par M. Guillaume, d'après les expériences de Chappuis. — Guillaume, *Traité pratique de la thermométrie de précision*, p. 332.

(4) On s'est servi de la Table publiée par M. Guillaume, d'après Broch. — Guillaume, *loc. cit.*, p. 323.

(5) Ramsay et Young, *Journal of the Chemical Society. Transactions*, vol. 49, 1886, p. 453.

une ébullition rapide, pour modifier les conditions de la détermination. La durée de la distillation a varié de 15 minutes à 2 heures et celle du palier thermométrique de quelques minutes à 1 heure et demie.

Origine et pureté du brome. — Le brome, à partir duquel nos expériences ont été faites, provenait des marais salants de la Méditerranée. D'après les renseignements qui nous ont été donnés, il avait été purifié par digestion sur un bromure alcalin et distillation. Nous avons reconnu, par la méthode de Scott (¹), qu'il était exempt d'iode; il contenait par contre une petite quantité de bromures organiques.

Il fut distillé tel quel dans les premières expériences; dans les dernières il subit, avant la distillation, une purification complète.

Résultats des expériences. — Nous désignerons par Éb. la température d'ébullition sous la pression atmosphérique normale.

Le brome a été distillé tel quel dans les expériences 1, 2 et 3.

Expérience 1. — Ébullition assez rapide : Éb. = 58°,84.

Expérience 2. — Ébullition modérée : Éb. = 58°,82.

Expérience 3. — Ébullition modérée : Éb. = 58°,82.

Expérience 4. — Le brome a été mis en contact pendant 70 heures avec de l'anhydride phosphorique avant d'être distillé. Ébullition modérée : Éb. = 58°,80.

Expérience 5. — Le brome a été mis en contact pendant 60 heures avec du bromure de potassium avant d'être distillé. Ébullition modérée : Éb. = 58°,80.

Expérience 6. — On employa le brome recueilli dans la détermination précédente; avant d'être distillé, il fut mis au contact d'anhydride phosphorique. Ébullition rapide : Éb. = 58°,83.

Expérience 7. — Le brome employé dans cette détermination subit d'abord une purification complète. Dans ce but, après l'avoir distillé sur du bromure de potassium, on le traita par la soude pure. La liqueur fut évaporée et le bromate décomposé par la chaleur. Le bromure fut fondu avec du bichromate de potassium et la masse concassée fut chauffée légèrement avec de l'acide sulfurique étendu dans un appareil distillatoire en pyrex. Selon les indications de Scott (¹), on n'employa que les $\frac{9}{10}$ environ du bichromate et de l'acide nécessaires, de façon à retenir le chlore s'il en restait. Le brome obtenu fut mis à digérer sur de l'anhydride phosphorique. Ébullition modérée : Éb. = 58°,78.

Expérience 8. — Brome purifié comme précédemment, avec cette seule différence qu'on ajouta à l'acide sulfurique un peu de permanganate de potassium. Ébullition modérée : Éb. = 58°,77.

(¹) Scott, *Journal of the Chemical Society, Transactions*, vol. 103, 1913, p. 847.

Expérience 9. — Brome recueilli dans l'expérience précédente. Ébullition très rapide : Eb. = 58°,83.

Plusieurs déterminations furent faites avec le réservoir du thermomètre plongé dans le brome liquide; la température lue et corrigée fut supérieure de quelques dixièmes de degré à 58°,80; elle se fixa à 58°,80 environ quand, par suite du départ du brome, le réservoir du thermomètre fut tout entier dans la vapeur.

Conclusion. — Nous avons trouvé pour température d'ébullition du brome 58°,80 sous la pression atmosphérique normale et dans l'échelle du thermomètre à hydrogène; les erreurs d'expérience nous paraissent inférieures à 0°,1.

Le résultat de nos déterminations concorde avec le nombre qui a été adopté par Ramsay et Young [1], savoir 58°,75.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la cinétique de l'oxydation spontanée de l'acide urique en liqueur alcaline.* Note de M. **Léon Piaux**, présentée par M. Ch. Moureu.

L'oxydation spontanée de l'acide urique en liqueur alcaline a fait déjà l'objet de nombreuses recherches, parmi lesquelles je me bornerai à signaler celles de Biltz et Robl [2], qui paraissent avoir élucidé complètement la constitution des corps obtenus et le mécanisme de leur formation.

En revanche, l'étude de la vitesse avec laquelle l'oxydation se produit et la mesure du volume d'oxygène utilisé ont été laissées de côté. C'est de ce point de vue qu'il m'a paru nécessaire de reprendre les recherches avec quelque précision.

Le dispositif expérimental utilisé est des plus simples : une fiole conique, contenant le liquide en expérience et placée sur un berceau d'agitation, est reliée à un gazomètre gradué plein d'oxygène pur. La température est celle du laboratoire, la vitesse d'agitation, deux tours de volant par seconde. La fiole contient $15^{g},12$ — $0^{mol},09$ — d'acide dans 400^{cm^3} de liquide (*ces quantités ont été employées constamment*). *Avec 5 molécules de potasse par molécule d'acide urique*, on observe une absorption très rapide de l'oxygène. A 17°, 200^{cm^3} de ce gaz sont utilisés dans le premier quart d'heure, puis la réaction se ralentit peu à peu. Après 5 heures, avec 1600^{cm^3} d'oxygène absorbé, un essai ne donne plus de précipité d'acide urique par HCl. Après 10 heures, 1750^{cm^3}

(1) Ramsay et Young, *loc. cit.*

(2) Biltz et Robl, *Berichte d. deut. Chem. Ges.*, t. 53, 1920, p. 1950 et suiv.

de gaz ont été utilisés et l'absorption est pratiquement terminée. Une courbe (*fig.* 1), reproduite ci-dessous, montrera mieux l'allure du phénomène. Les volumes indiqués ici et portés en ordonnées sur la figure sont ramenés à 0°, 760mm; oxygène sec.

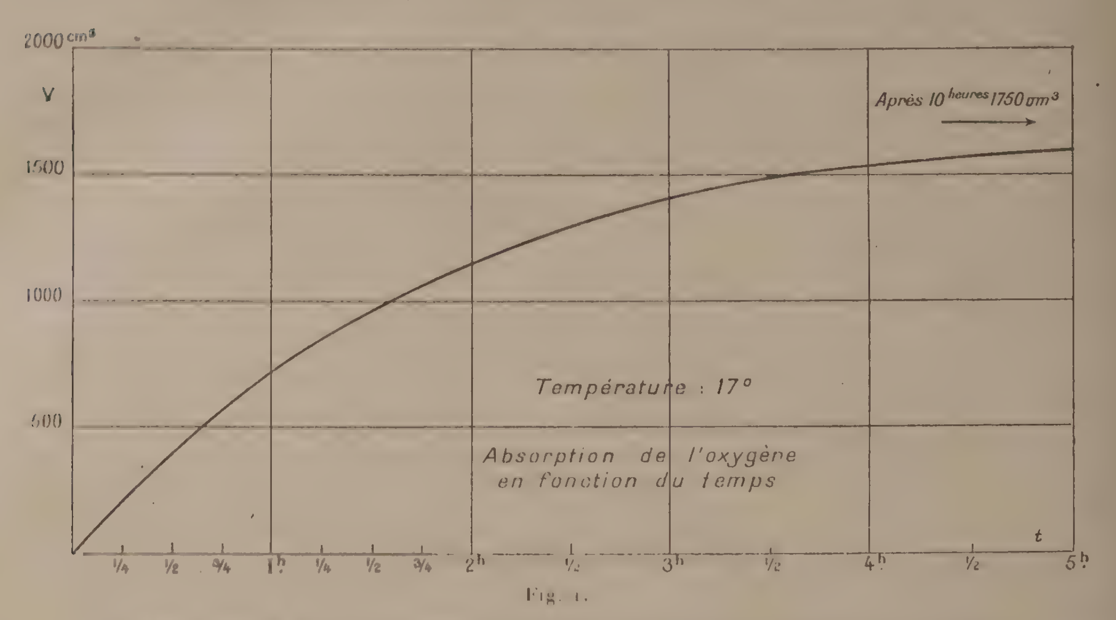


Fig. 1.

Il s'est libéré une quantité importante d'*ammoniaque*, dont l'odeur du liquide indique la présence. Par addition d'acide acétique, il se dégage abondamment du *gaz carbonique*. Enfin un peu d'alcool ajouté au liquide, maintenant acide, donne lieu à une précipitation de fines aiguilles que l'on essore. Le produit obtenu est un sel de potassium que j'ai réussi à identifier avec l'oxonate de potassium (ou allantoxanate) déjà signalé par de nombreux auteurs et longuement étudié par Biltz (*loc. cit.*). Le dosage du potassium correspond bien à la formule $C^4H^2O^4N^3K$. Par transformation en sel d'argent et dosage d'argent, puis en acide oxonique et allantoxaïdine, dont l'azote a été dosé, ce premier résultat se trouve confirmé. Le point de décomposition instantanée au bloc Maquenne de l'acide oxonique et aussi de l'allantoxaïdine (qui en diffère par perte de CO^2) a été trouvé égal à 293°.

Le rendement en oxonate, dans l'expérience décrite, était de 50 pour 100 environ du rendement théorique selon l'équation :

$$C^5H^4O^3N^4 + 2O + H^2O = C^4H^3O^4N^3 + CO^2 + NH^3,$$

qui paraît représenter la réaction principale. La teneur du liquide en ammoniaque répond à peu près au rendement en oxonate.

La quantité d'oxygène absorbé est seulement de $1^{at},7$, par molécule d'acide urique, au lieu de 2 demandés par l'équation ci-dessus. Aussi ai-je recherché dans le liquide les produits d'une oxydation moins avancée, et en particulier l'allantoïne. Je n'ai réussi à isoler aucun produit défini, et n'ai pu caractériser que l'acide oxalique dans les eaux mères de l'oxonate.

En restant dans les limites imposées par la technique elle-même, j'ai pu constater que l'élévation de la température — à concentration constante en potasse : 5 molécules pour une d'acide — augmentait la rapidité d'absorbtion de l'oxygène. J'ai représenté ci-dessous (*fig.* 2) les courbes

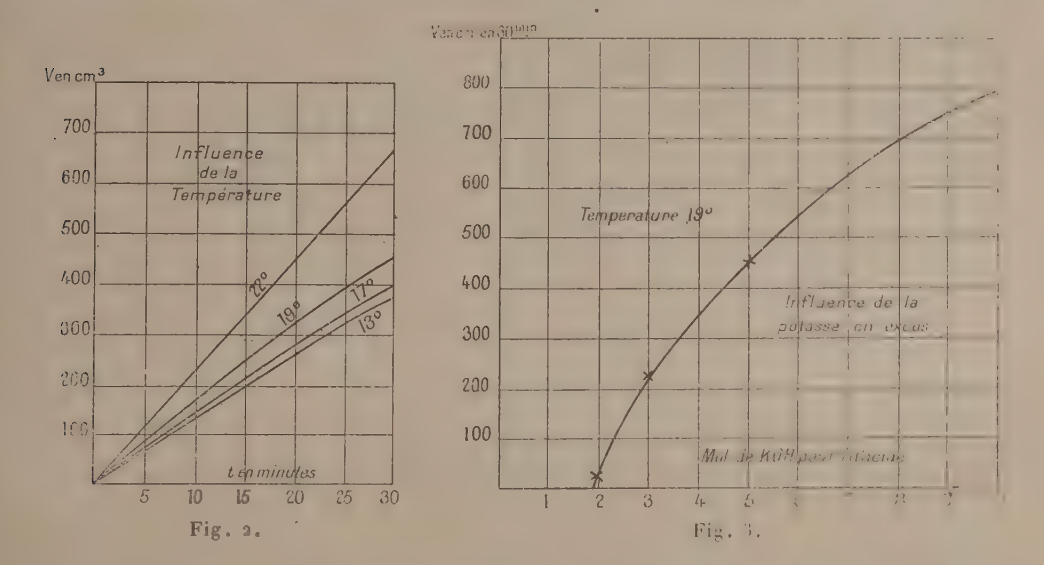


Fig. 2.

Fig. 3.

d'oxydation à 13°-17°-19°-22°, limitées à la première demi-heure pour assurer la constance de température dans chaque cas. En prenant pour unité le volume absorbé à 13° après 30 minutes, on a : à 17°, 1,06 ; à 19°, 1,20 ; à 20°, 1,73. L'influence de l'élévation de température croît donc très rapidement.

Cette influence a été signalée déjà, par Nencki et Sieber [1] en particulier. Toutefois la durée des expériences : 5 jours au minimum, 6 mois au maximum, effectuées jusqu'ici, avait empêché toute comparaison précise.

Si maintenant, la proportion de potasse varie, la température restant constante (19° dans les expériences effectuées), on constate les faits suivants : l'urate monopotassique (1^{mol} de potasse) ne s'oxyde pas du

---

(1) NENCKI et SIEBER, *Journal für prakt. Ch.*, 2ᵉ série, t. 24, 1881, p. 503.

tout; additionné d'une molécule de potasse (soit 2 par molécule d'acide), il y a oxydation très lente (35$^{cm^3}$ d'oxygène en une demi-heure). Après 35 heures, 500$^{cm^3}$ de gaz seulement sont consommés, et l'on peut récupérer les deux tiers du produit mis en jeu.

Au contraire, dès que l'urate monopotassique est additionné de deux molécules de potasse (au total 3 pour une d'acide), l'oxydation s'accélère beaucoup; en 30 minutes l'absorption atteint 230$^{cm^3}$. Elle est de 450$^{cm^3}$ pour 5 molécules de potasse pour une d'acide, et s'élève à 810$^{cm^3}$ quand le rapport est de 10 à 1, les résultats font l'objet de la figure 3.

L'absence de l'allantoïne dans les produits d'oxydation m'a amené à tenter l'oxydation par l'air :

1° De l'allantoate de potassium en solution alcaline;

2° D'une solution alcaline d'acide urique ayant déjà subi l'action de 1 atome d'oxygène par molécule sous forme de permanganate de potassium. Cette solution, selon Behrend et Biltz, renferme un corps intermédiaire dédoublable en uroxanate ou allantoïne et oxydable en oxonate.

Ni l'une ni l'autre de ces solutions n'ont absorbé d'oxygène.

GÉOLOGIE. — *Sur le caractère géosynclinal du Paléozoïque de la Transcaucasie méridionale.* Note de M. PIERRE BONNET, présentée par M. Émile Haug.

Ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, on ne connaissait du Paléozoïque transcaucasien, avant mes recherches, que le Dévonien moyen et supérieur et le Carbonifère inférieur et moyen dans les chaînes du moyen Araxe, et le Permien dans la gorge de Djoulfa. J'ai découvert dans la première région le Silurien supérieur, le Dévonien inférieur, le Carbonifère supérieur et le Permien complet, avec couches à *Otoceras* formant passage au Trias, et dans la seconde le Carbonifère complet (¹): j'ai en outre constaté partout la continuité parfaite et la concordance absolue de tous ces termes entre eux et avec le Trias inférieur qui les surmonte.

La série, très riche en fossiles, très plissée, et atteignant plusieurs cen-

(¹) Il est certain que ce Carbonifère repose à Djoulfa sur un soubassement dévonien qui ne peut affleurer que sur la rive persane (droite) de la gorge, d'où Abich a signalé quelques *Spirifer* (*Sp. Verneuili*). Il est probable que ce Dévonien présente ses trois termes comme dans l'Araxe moyen, avec vraisemblablement du Silurien à sa base.

taines de mètres d'épaisseur, peut être schématisée actuellement de la façon suivante :

Trias.		
Permien	3.	Calcaires marneux à *Otoceras* inférieurs (*O. djoulfense*);
	2.	» *Reticularia*, *Spirigera* et *Productus*;
	1.	» Zoanthaires et Bryozoaires;
Carbonifère	3. *b*.	Calcaires à *Productus intermedius*;
	a.	» Fusulines (*F. Verneuili*);
	2.	» Fusulinelles (*F. sphærica*) et Bellérophons;
	1. *b*.	» *Productus semireticulatus*;
	a.	» Zoanthaires (*Lonsdaleia Araxis*);
Dévonien	3.	» *Spirifer Verneuili*;
	2. *b*.	» *Atrypa reticularis*;
	a.	» *Calceola sandalina* et autres Zoanthaires localement en récifs;
	1.	Quartzites à *Chondrites*, localement *Knorria acicularis*;
Silurien supérieur		Schistes à Lamellibranches (*Modiolopsis complanata*) et Orthocères.

L'examen de la succession de ces faunes montre d'importantes variations de faciès, dues à une instabilité particulière du fond; mais cette instabilité elle-même est soumise à une remarquable périodicité dans son évolution. A chacune des trois époques dévonienne, carbonifère et permienne se manifeste en effet à tour de rôle un même mouvement d'approfondissement des eaux : chacune débute par des formations presque littorales pour se terminer par des couches de profondeur notable, d'où les éléments franchement néritiques tendent à disparaître. Il se produit donc régulièment, à la limite de chaque période, une fluctuation régressive immédiatement suivie d'un approfondissement.

De plus, comparées entre elles, ces fluctuations deviennent progressivement moins sensibles (formations détritiques à pistes et plantes d'abord, calcaires en bancs avec gros Polypiers ensuite, calcaires marneux à Zoanthaires de petite taille et Bryozoaires enfin), les conditions bathymétriques plus uniformes, les liens paléontologiques plus intimes, et par suite les coupures plus difficiles à préciser entre les systèmes.

D'autre part, une progression analogue s'observe dans le processus d'approfondissement dont chaque stade fait suite à chacune de ces fluctuations inverses : alors que la fin du Silurien est caractérisée par des couches à Lamellibranches, le Dévonien supérieur est formé de calcaires à *Spirifer*,

avec quelques rares Trilobites, à la fin du Carbonifère on assiste au dépôt des calcaires à Bellérophons, puis des calcaires à Fusulines, généralement caractéristiques des dépôts carbonifères relativement profonds; et enfin, durant le Permien, on voit apparaître les premiers Ammonoïdés, en particulier *Otoceras*, forme rencontrée jusqu'ici, en dehors de cette région, exclusivement dans les formations bathyales de l'Himalaya.

L'ensemble de cette série paléozoïque montre donc un approfondissement graduel de la mer en trois stades successifs; nous sommes amenés, par suite, à envisager cette région comme représentant à cette époque un point faible de l'écorce terrestre, point dont le caractère essentiellement instable tend à entraîner la transformation progressive des dépôts néritiques du début en dépôts bathyaux, et prépare ainsi le régime franchement géosynclinal qui se réalisera ici au Mésozoïque.

Cette tendance à l'approfondissement, les oscillations périodiques du fond, l'apparition d'éléments fauniques bathyaux lors des approfondissements, la remarquable continuité des dépôts se poursuivant sans aucune lacune sédimentaire depuis le Silurien jusqu'au Trias inclus, enfin l'accumulation de grandes épaisseurs de sédiments très plissés, portés à plus de 3000^{m} d'altitude, tous ces caractères nous permettent de considérer cette partie de la Transcaucasie comme l'un des rares géosynclinaux paléozoïques typiques.

Mais parmi ceux-ci, ce géosynclinal se distingue par son caractère particulier. Si en effet chacun de ses différents termes présente individuellement des affinités remarquables avec tel type paléozoïque des géosynclinaux déjà connus, si le Silurien est très voisin de celui du Shropshire, le Dévonien de celui de l'Ardenne, si le Carbonifère se rapproche de celui de l'Oural et le Permien de celui de l'Inde, l'ensemble, par contre, est tel qu'on ne le connaît nulle part réalisé de façon semblable. L'examen comparé des géosynclinaux de l'ère paléozoïque montre que seul celui de l'Himalaya pourrait lui être en quelque mesure assimilé, en raison de la continuité de ses dépôts du Permien au Trias et de l'existence probable de tous les termes paléozoïques depuis le Silurien; mais l'insuffisance des données que nous possédons jusqu'ici sur son ensemble ne nous permet pas actuellement d'insister sur cette comparaison. Partout ailleurs on constate ou bien le comblement de ces géosynclinaux, avec dépôts de houille, suivi de plissements hercyniens et d'émersion définitive, ou bien des lacunes avec discordances répétées, ou enfin un métamorphisme envahissant parfois toute la série qui, dès lors, échappe à notre investigation stratigraphique.

Il apparaît ainsi *que ce géosynclinal paléozoïque transcaucasien réalise le seul type, jusqu'à présent connu de cette série, ayant été le siège d'une sédimentation marine continue et concordante depuis le Silurien jusqu'au Trias, avec le Dévonien, le Carbonifère et le Permien complets représentés par tous leurs termes fossilifères sans aucune lacune; que ce géosynclinal ne contient pas trace de dépôts houillers durant tout l'Anthracolithique; qu'il n'a été le théâtre d'aucun métamorphisme, qu'il a été épargné par les plissements calédoniens et hercyniens; qu'enfin il a même subi un approfondissement graduel reliant intimement les dépôts paléozoïques aux dépôts triasiques bathyaux, avec lesquels ils sont entraînés pour la première fois dans un mouvement orogénique seulement lors de la surrection de la chaîne tithonique.*

PALÉONTOLOGIE. — *Contributions à l'étude du genre* Arcestes *Suess; ses représentants dans le Trias de la Bithynie (Asie Mineure).* Note de M. N. **Arabu**, présentée par M. Émile Haug.

Ce genre est d'habitude très abondant, au point de constituer la majorité des récoltes, dans les couches ladiniennes et carniennes du Trias du type alpin. La détermination de ces récoltes est difficile, car il faut compter avec une forte proportion de jeunes individus; ce fait, qui tient à la vie sédentaire, joint au changement de forme considérable parfois, au cours du développement, à l'apparition tardive des caractères de l'adulte, complique leur étude déjà peu commode par suite d'une large variabilité spécifique. De là la rareté relative des *Arcestes* dans les collections et leur détermination assez arbitraire, même de la part des meilleurs auteurs.

Les *Arcestes* sont particulièrement nombreux, quoiqu'en général mal conservés, dans le Trias de la Bithynie, dont j'ai donné il y a quelque temps [1] une liste de fossiles, en laissant toutefois de côté le genre en question. Cette faune a été étudiée depuis par Arthaber [2], qui fait connaître 8 espèces et en figure 5. En reprenant l'étude de la question, je puis ajouter en ce moment 5 espèces non encore citées, dont 2 nouvelles : *Proarcestes ausseanus* Mojs., *P. Reyer,* Mojs., *P. trompianus* Mojs., à côté de *P. Balfour* et d'autres formes mentionnées par Arthaber. Les espèces nouvelles appartiennent, l'une au groupe de *P. Mojsisovicsi* Hauer, l'autre figurée encore par Arthaber sous le nom d'*Arcestes* cf. *Richthofeni* Mojs., est un jeune plus voisin en apparence de *A. oligosarcus* Mojs. (groupe des *intuslabiati*), mais qui me paraît

---

[1] *Comptes rendus,* t. 158, 1914, p. 1459.

[2] *Die Trias von Bithynien* (*Beiträge zur Palaeontologie,* etc., vol. 27, Wien, 1915).

être une espèce nouvelle; elle est très voisine d'une forme du Carnien de l'Himalaya, déterminée, à tort encore, par Diener comme *Pr. Gaytani* Klipstein sp.

Cette étude m'ayant donné l'occasion de revoir la plus grande partie de la bibliographie respective, je voudrais dire, en peu de mots, comment je comprends la question dans son ensemble.

Le genre *Arcestes* a été étudié à plusieurs reprises par Mojsisovics; cet auteur proposait, dès 1873, de répartir entre 7 groupes (*extralabiati*, *sublabiati*, *bicarinati*, *subumbilicati*, *intuslabiati*, *coloni*, *galeati*) le nombre d'espèces déjà décrites jusqu'alors; ce nombre est porté ensuite à 8 (avec le groupe de *Pr. Bramantei*), puis à 9 (groupe des *carinati*). En 1902 il remanie cette classification et admet 4 sous-genres : *Proarcestes*, *Pararcestes*, *Stenarcestes* et *Arcestes* s. str. (en laissant de côté *Ptycharcestes*, connu par un échantillon unique); sauf pour *Arcestes* s. str., il ne parle plus des groupes antérieurement proposés.

C'était une simplification, mais non pas un progrès; la question n'en a plus fait d'ailleurs depuis; le genre *Proarcestes* constitue visiblement un ensemble très hétérogène et ses relations avec les autres sous-genres deviennent, par la suppression des anciennes subdivisions, tout aussi obscures que l'origine même du genre.

Quelles peuvent être ces relations ?

J'ai essayé à ce point de vue, tout en ne négligeant pas l'ensemble des autres caractères, de m'aider d'une manière plus suivie du dessin de la cloison, qui est d'habitude un peu négligée. Je suppose, ce qui du reste est assez plausible, que ce caractère doit être moins directement influencé que la forme extérieure par exemple, au cours de l'évolution, par les conditions immédiates du milieu.

Or, à ce point de vue, le groupe des *bicarinati*, par exemple, est un complexe; il y a ici, à côté de *P. bicarinatus*, *P. ausseanus*, etc., d'autres qui en sont très différents, comme *P. Gaytani-Dittmari*, où l'élargissement des flancs de la coquille amène mécaniquement, pourrait-on dire, une multiplication des éléments de la cloison; ce caractère se remarque, encore plus accentué, dans les anciens *subumbilicati*, dont la cloison est remarquable par l'étroitesse des lobes, pénétrant profondément entre des selles larges, en ogive; par contre, la selle siphonale est rudimentaire, comme dans les vrais *Arcestes*, qui ont une autre origine.

De même, parmi les anciens *extralabiati*, considérés par Mojsisovics comme constituant une chaîne continue depuis *P. extralabiatus* (Virglorien) jusqu'au *P. Mojsisovicsi* (Carnien), on peut distinguer d'abord deux

rameaux : l'un qui s'arrête au Ladinien avec *P. subtridentinus*, caractérisé par une cloison très évoluée, faite d'éléments hauts et étroits, avec une selle siphonale très différenciée; l'autre, qui semble le relayer, avec *P. Barrandei*, *P. Mojsisovicsi*. Ce sont de petites formes, différentes par leur cloison à selles larges et trapues, grossièrement découpées, disposition qui se remarque aussi chez les *sublabiati* (*Pararcestes*) qui en dérivent. Un dernier rameau très voisin semble débuter encore au Ladinien avec *P. esinensis* Mojs., groupe moyen par sa cloison faite de selles assez hautes et découpées à contour plus ou moins triangulaire; c'est le véritable groupe central du genre, qui a pu donner, par atrophie de la selle siphonale, compensée par la riche ramification des autres éléments, les *coloni* et plus tard les *intuslabiati*. Du même groupe paraissent être sortis les grands *Arcestes* « à casque » et à forte carène du Norien, caractérisés par réduction simultanée de la selle siphonale et de la partie auxiliaire de la cloison.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le quotient respiratoire de la racine et ses variations au cours du développement de la plante*. Note (1) de M. **Raoul Cerighelli**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans un Mémoire étendu (2) j'ai déjà déterminé la valeur du quotient respiratoire de la racine isolée de la plante (les racines adhérentes donnent lieu, comme je l'ai fait voir, à des échanges gazeux très différents), et je suis arrivé à cette conclusion que le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est dans ce cas voisin de l'unité, tout en lui restant généralement inférieur. Ces recherches ayant été faites par la méthode de l'air confiné qui, comme l'ont établi MM. Maquenne et Demoussy, donne des résultats un peu trop faibles, il m'a semblé intéressant de reprendre ce travail d'une autre manière pour en vérifier les conclusions.

J'ai alors employé la méthode manométrique décrite par ces auteurs, qui consiste à observer les changements de pression qui résultent de la respiration des organes en milieu confiné (3); toutes les expériences ont été faites

(1) Séance du 4 février 1924.

(2) *Recherches physiologiques sur la respiration de la racine* (Thèse). (*Ann. Fac. Sc. de Marseille*, 2e série, t. 1, p. 1921).

(3) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1209, et *Nouvelles recherches sur les échanges gazeux des feuilles vertes avec l'atmosphère*, Gauthier-Villars, Paris, 1913, p. 35.

avec des densités de chargement voisines de $\frac{1}{100}$, valeur que MM. Maquenne et Demoussy ont reconnue la plus convenable pour les feuilles. Toute augmentation de pression indique alors un quotient respiratoire supérieur à l'unité; toute diminution, au contraire, un quotient respiratoire plus petit que 1.

Une cause d'erreur pouvant provenir de ce que la température d'expérience est généralement supérieure à celle qu'avait la racine dans le sol, je me suis assuré que, entre 10° et 25°, les variations de température n'ont pas d'influence sensible sur la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ cherché.

Les expériences ont porté sur les espèces suivantes : Blé, Hélianthe annuel, Lupin blanc, Maïs, Pois gris, Radis, Sarrasin, Rhubarbe, Pivoine, Plantain (*Plantago major*), Oseille, Menthe, Iris (var. *germanica*), Dahlia, Chicorée améliorée, Carotte, examinées aux différentes phases de leur développement. Je ne rapporterai ici que les résultats obtenus avec l'Hélianthe annuel et l'Iris.

On a opéré uniformément avec 1g de racines; les variations de pression sont évaluées en millimètres d'eau.

Hélianthe annuel (semé le 13 mars 1923).

I. — 11 avril. Cotylédons encore bien verts; 12 racines, T = 24°.

Durée des expériences.	début	30m	1h	2h30	3h30	4h30	5h30
Variation de pression.	0	0	−0,5	−2	−3,5	−4,5	−5,5

II. — 5 juin. Plante de 40cm. Portion de pivot avec radicelles, T = 13°.

Durée des expériences.	début	1h	3h	5h30
Variation de pression.	0	0	0	+0,5

III. — 31 août. Plante avec fleurs et fruits. Portion de pivot avec radicelles, T = 16°.

Durée des expériences.	début	40m	2h50	4h10	5h25
Variation de pression.	0	−1	−12	−15	−20

Iris.

I. — 7 mai. Racines latérales à tissus jeunes, T = 24°.

Durée des expériences.	début	30m	4h	23h
Variation de pression.	0	0	0	−10

II. — 9 mai. Racines latérales à tissus âgés, T = 24°.

Durée des expériences.	début	1h15	3h15	3h45	23h
Variation de pression.	0	+1	+3	+4	+15

III. — 15 juin. Plante en fleurs; racines latérales à tissus jeunes, T = 15°.

Durée des expériences.	début	1^h	3^h	4^h	5^h	6^h	7^h
Variation de pression.	0	0	+1	+1,5	+2	+2,5	2,5

IV. — 3 octobre. Tiges florales desséchées; racines latérales à tissus jeunes, T = 14°,5.

Durée des expériences.	début	1^h	3^{h}30
Variation de pression.	0	−1	−1

V. — 14 décembre. Racine latérale de l'année, T = 13°,5.

Durée des expériences.	début	2^{h}30	5^{h}30	22^h
Variation de pression.	0	+1	+1,5	+7

A la suite de ces expériences et de celles qui ont porté sur les autres espèces énumérées plus haut je puis formuler les conclusions suivantes :

1° Le quotient respiratoire de la racine est toujours inférieur à l'unité au début de son développement.

2° Chez les racines de plantes annuelles pauvres en réserves, comme l'Hélianthe, le Blé, le Maïs, le Sarrasin, le quotient respiratoire reste légèrement inférieur à l'unité pendant toute la période de croissance.

Dans ces deux cas c'est l'inverse de ce qui s'observe chez les feuilles.

3° Comme je l'avais déjà établi, la valeur du rapport $\frac{CO^2}{O}$ s'abaisse souvent au moment de la floraison et de la fructification, ou bien un certain temps après ces deux stades.

C'est le même phénomène que MM. Maquenne et Demoussy avaient observé antérieurement avec les feuilles, et il est dû à la même cause, à savoir l'épuisement des matières de réserve que la plante utilise à la formation de ses fruits.

4° Chez les racines de plantes annuelles qui accumulent des réserves, comme le radis ou le lupin, et chez la plupart des racines de plantes vivaces (Iris, Mâche, Rhubarbe), prises en dehors de la période du début de leur développement, le quotient respiratoire est plus grand que 1.

Ainsi s'étend aux racines ce principe posé par MM. Maquenne et Demoussy à la suite de leurs recherches sur la respiration des feuilles que la valeur du quotient respiratoire est sous la dépendance étroite de l'abondance et du mouvement des réserves dans l'organe étudié.

GÉNÉTIQUE. — *Quelques remarques sur la couleur des sépales chez l'*Anemone hepatica *L.* Note [1] de M. **D. Rosén.**

L'*Anemone hepatica* L. présente un aspect très varié en ce qui concerne la feuille et la fleur. Afin de découvrir le processus de la formation des sujets de cette espèce, je me suis, depuis plusieurs années, consacré à des recherches expérimentales dans cette direction. Par suite du lent développement de cette plante (la floraison n'a lieu en Suède qu'à la troisième ou à la quatrième année), ces recherches sont loin d'être terminées. Je n'exposerai ci-dessous que quelques remarques directrices sur les colorations rouges et bleues des sépales (les pétales avortent complètement).

A part le sujet bleu ordinaire, on voit souvent dans les jardins les sujets, plus rares, à l'état sauvage, à fleurs blanches et rouges. J'ai entrepris des croisements avec ces trois sujets. Une de mes premières expériences de croisement a été faite entre un sujet blanc et un sujet rouge. Ce croisement a donné les résultats suivants :

Blanc ♀ × Rouge ♂,
F_1, un exemplaire bleu.

Dans F_2, en tout 80 exemplaires, la ségrégation suivante a été obtenue :

	Obtenus.	Théoriquement d'après : 9 : 3 : 4.
Bleus	48	$45 \pm 4,4$
Rouges	17	$15 \pm 3,5$
Blancs	15	$30 \pm 3,9$

Les résultats obtenus montrent que la coloration bleue est causée par deux facteurs (au moins) dont l'un, A, a la faculté de produire la coloration rouge et l'autre, B, de transformer la coloration rouge en bleue. C'est par l'absence des deux ou par la présence du dernier seulement que les sujets alba s'obtiennent.

Chez l'*Anemone hepatica* la formation des fleurs est déjà très avancée en automne. Afin de découvrir si, chez le sujet à fleurs bleues, la coloration s'opère immédiatement ou si elle est devancée par la coloration rouge, j'ai examiné les boutons d'un certain nombre de ces sujets pendant le mois de

(1) Séance du 4 février 1924.

novembre. Chez 18 individus les sépales des boutons étaient légèrement rouges; chez 2 individus, l'intérieur était rouge (jeunes sujets), l'extérieur bleu (sujets plus âgés). Chez tous les sujets la coloration bleue des fleurs complètement développées a donc été devancée par la coloration rouge du stade en bouton. On peut croire que ce phénomène dépend soit de conditions extérieures, soit de conditions intérieures, soit encore de la coopération de deux de ces conditions. Dans le premier cas on peut présumer que la basse température ou la faible lumière retarde la transformation de la couleur rouge en bleue. Au contraire, si cette circonstance dépend de conditions intérieures, elle dépendrait alors de la coopération chimique des facteurs. Ou le facteur B ne peut entrer en réaction avant un stade plus tardif que le facteur A, ou la puissance de réaction du facteur B n'est pas aussi forte que celle du facteur A; ce qui fait que, si le facteur A est à même, dans un temps donné, de former 10^{mol} de substance colorante rouge, le facteur B ne peut dans le même temps que transmettre 1^{mol} de substance colorante rouge à la substance bleue. Dans tous ces cas, la couleur bleue des fleurs développées sera devancée par la coloration rouge du stade en bouton.

En liaison avec d'autres recherches sur la coloration du sépale de l'*Anemone hepatica*, je vais m'efforcer de découvrir les conditions productrices de ce phénomène.

En résumé les recherches expérimentales démontrent que la cause de la coloration bleue des sépales chez l'*Anemone hepatica* réside dans deux facteurs (au moins) dont l'un forme la coloration rouge, alors que l'autre possède la propriété de transformer la coloration rouge en bleu. Dans le stade en bouton des individus à sépales bleus, la coloration bleue est devancée par la rouge.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'éclairage des lampes à vide par friction.* Note [1] de MM. **Henry Cardot** et **Henri Laugier**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons pu soumettre à la critique scientifique un phénomène auquel certaines personnes ont pensé à attribuer des causes mystérieuses ne ren-

---

[1] Séance du 4 février 1924.

trant pas dans les catégories scientifiques connues [1]. Ce phénomène est le suivant :

1° Dans l'obscurité complète, le sujet, M. B..., prend une ampoule électrique (dont le filament est brisé) et, la frictionnant avec les mains, obtient des lueurs d'abord assez irrégulières, puis de plus en plus fortes, le verre restant parfois luminescent dans l'intervalle de deux mouvements de friction. Une lampe ayant été ainsi frottée pendant quelques minutes, le sujet la saisit dans la main droite et en obtient sans la frotter, soit des illuminations intermittentes, soit une illumination durable dont l'intensité reste constante pendant 2 ou 3 secondes.

2° M. B... peut non seulement illuminer des lampes comme nous venons de l'indiquer, mais il peut encore les illuminer à distance. Une des lampes qu'il utilise donne ce phénomène de façon particulièrement nette, quand elle a été préparée, c'est-à-dire frictionnée pendant quelques minutes. M. B... la dépose alors sur une table, se retire à 1^m ou 2^m, parfois plus, annonce qu'il va provoquer des illuminations; à cet effet, il fait effort, « concentre sa pensée », sollicite la lampe par des gestes; et de fait, on aperçoit de façon non douteuse quelques éclats indubitables à intervalles irréguliers. Les mêmes phénomènes peuvent se produire si la lampe est placée dans une armoire vitrée ou une cage métallique. Ils peuvent aussi se produire quand le sujet, qui s'efforce de les provoquer, est placé dans une autre pièce que la lampe, ou même à un autre étage.

Inutile d'insister longuement pour montrer combien ces faits sont dès l'abord saisissants : quand M. B., ayant placé l'ampoule sur une table, se retire dans une pièce voisine, annonce qu'il va solliciter la lampe de s'illuminer et qu'on aperçoit en effet un, deux ou plusieurs battements lumineux dans des conditions où toute possibilité de fraude paraît écartée, l'impression des assistants est fort vive et compréhensible.

Tels sont les faits; tout observateur les peut constater sans la moindre ambiguïté possible. Les phénomènes sont parfois très nets, mais on ne les obtient pas à tout coup : certains jours, ils sont impossibles à produire; d'autres jours, ils se produisent avec la plus grande facilité; et ce, pour des raisons qui nous paraissent explicables simplement par l'influence que les conditions atmosphériques et les divers états psychologiques peuvent exercer sur l'état de sécheresse ou d'humidité de la main.

Une étude méthodique de ces phénomènes les dépouille rapidement de tout mystère.

Chacun peut reproduire plus ou moins facilement les illuminations par friction; certains individus à peau très sèche comme M. B. les obtiennent particulièrement brillantes : d'autres à peau humide ne les réalisent qu'avec difficulté, et suivant l'état de leur peau qui varie avec les conditions hygrométriques, avec l'heure de la journée,

---

[1] Certains des faits que nous allons signaler ne sont pas entièrement inconnus; on en trouve d'analogues dans les *Nouvelles récréations physiques et mathématiques* de M. Guyot, t. 1, 1799, et plus récemment dans *La Nature*.

avec l'état physiologique ou psychologique. On facilite considérablement les choses en se gantant la main de caoutchouc : tout le monde produit alors infailliblement des illuminations splendides. Certaines lampes donnent le phénomène de façon particulièrement intense (lampes à azote ou à argon); on a alors des illuminations permettant de lire les grosses lettres d'un titre de journal, par exemple. Tout tube à vide donne le même phénomène plus ou moins facilement suivant le degré de vide, l'épaisseur de la paroi. Les lueurs sont de couleur bleutée dans les ampoules à azote ou à argon, de couleur rose lorsque le contenu est du néon.

L'explication du phénomène est fort simple. L'ampoule se comporte comme un condensateur, que chaque friction charge. Il est facile de s'en rendre compte en reliant le filament intérieur de la lampe à un galvanomètre à corde : on voit à chaque friction une excursion de la corde, qui, enregistrée, a la forme classique de la charge d'un condensateur. Et les illuminations correspondent à des décharges très brèves, à travers l'atmosphère raréfiée de la lampe, de l'électricité apparue sur la face interne de la paroi de verre. Lorsque, comme nous l'avons indiqué plus haut, la lampe chargée par friction est tenue à la main et donne une belle illumination durable ou des illuminations intermittentes, on obtient aussi des courbes analogues aux courbes de charges, mais de sens inverse, correspondant à la décharge du condensateur.

Restait à expliquer le phénomène d'illumination à distance, le plus singulier de tous. La première hypothèse que nous fîmes était que le sujet pouvait conserver sur sa surface cutanée des charges importantes et agir par elles sur la lampe elle-même chargée ; mais cette hypothèse est insuffisante lorsque M. B. sollicite de la pièce voisine les illuminations ou que la lampe est placée dans une cage métallique. Ayant demandé à M. B. d'indiquer, si possible, le moment précis où les illuminations allaient apparaître, nous constatâmes qu'elles se produisaient tantôt avant, tantôt après ses appels, et nous fûmes bientôt convaincus qu'elles étaient complètement indépendantes de sa volonté, de ses appels et de ses gestes.

Il s'agit donc de petites décharges se produisant sous l'influence de causes contingentes qu'il n'y avait guère intérêt à préciser davantage (petits ébranlements du support, vibration du filament, modification de la répartition des charges, humidification ou dessiccation, etc.). M. B., repoussant absolument cette interprétation rationnelle, consentit, avec une parfaite bonne grâce, à se soumettre à l'expérience cruciale suivante. La lampe chargée étant déposée sur une table, il provoquerait à distance un nombre déterminé d'illuminations, puis les suspendrait pendant un nombre donné de minutes et les provoquerait à nouveau ensuite. L'expérience faite à deux reprises fut en effet cruciale et confirma entièrement notre hypothèse : les illumina-

tions furent complètement indépendantes de la volonté de M. B. et se poursuivirent avec la même fréquence moyenne pendant toute la durée de l'expérience, comme en témoignent des enregistrements graphiques.

Enfin nous avons pu trouver nous-même une lampe qui donne, après avoir été chargée, ce phénomène des illuminations spontanées, à vrai dire moins éclatantes et moins nombreuses que la lampe utilisée par M. B. Le phénomène étant reproduit à l'intensité près, il ne nous a pas paru utile de pousser la recherche plus avant. Mais nous avons mis en outre en évidence une curieuse modalité de ce phénomène : quand la lampe a été préalablement chargée, elle s'illumine sous l'action de rapides variations hygrométriques; ainsi, si on la place devant la bouche, elle donne à chaque expiration un battement lumineux.

Ainsi des faits qui de prime abord paraissaient étranges se réduisent en définitive à des mécanismes électriques simples.

PHYSIOLOGIE. — *Relations entre l'âge, l'apparition et l'évolution des troubles d'avitaminose* C. Note [1] de MM. **Georges Mouriquand** et **Paul Michel**, transmise par M. Widal.

Il est généralement admis que les organismes jeunes en état de croissance sont plus sensibles que les adultes en état d'équilibre, aux troubles de la nutrition de cause alimentaire.

Pourtant si l'on prend pour type le scorbut, la dernière guerre a montré (Russie, Empires centraux), que cette affection a frappé généralement en plus grand nombre les adultes que les enfants. Il est vrai qu'en état de paix, surtout dans les pays anglo-saxons, où règnent les régimes carencés, l'enfant paraît plus fréquemment atteint que l'adulte.

La clinique ne permet donc pas de dire avec exactitude si l'enfant est sûrement plus sensible que l'adulte à l'avitaminose C, les conditions alimentaires étant généralement trop différentes suivant les âges.

L'expérimentation peut heureusement fournir d'intéressants renseignements sur ce point.

On sait, depuis Smith, Holst et Frölich, Weill et Mouriquand, qu'il est possible de déterminer chez le cobaye un scorbut qui se rapproche du scorbut de l'homme par son étiologie, ses manifestations symptomatiques et son traitement. [Seule, son évolution aiguë le différencie. Mais nous avons personnellement montré qu'il est possible, par un régime adéquat,

---

[1] Séance du 4 février 1924.

de déterminer systématiquement chez l'animal un scorbut chronique aussi exactement comparable que possible au scorbut humain.]

La plupart des auteurs qui ont provoqué le scorbut expérimental se sont généralement aperçus que l'animal jeune est plus sensible que l'adulte. Nous avons nous-mêmes, avec M. Weill, constaté le fait depuis 1916. Mais aucune étude précise, pouvant entraîner une conviction certaine, n'a été faite, à notre connaissance, du moins, sur la question. Pour que cette étude soit valable, elle doit porter sur un nombre important d'animaux, car on observe entre les cobayes des résistances variables à l'action de l'avitaminose C. Seul, le grand nombre de sujets en expérience permet de fondre les réactions individuelles en une courbe d'ensemble de portée générale.

D'autre part, pour apprécier la plus ou moins grande précocité d'apparition des troubles ostéo-hémorragiques chez les cobayes carencés, il convient de connaître avec exactitude la séméiologie de leurs premières manifestations. Il ne faut, notamment, pas attendre la déchéance organique, l'altération de l'état général; les troubles cliniques du type paraplégique qui sont tardifs. Il existe des symptômes précoces que nous avons longuement vérifiés et dont nous avons souvent apprécié la valeur par des autopsies immédiates : Au premier rang de ces symptômes, sont la douleur vive à la pression des os, et notamment au niveau des régions juxtaépiphysaires du genou et du poignet, marquant le début de l'atteinte osseuse et la crépitation neigeuse indiquant l'apparition des suffusions sanguines.

Les conditions expérimentales étant ainsi précisées, voici le détail de nos expériences. Celles-ci ont porté sur 317 cobayes, mâles ou femelles, d'âge et de poids différents ([1]), tous mis au régime classique du scorbut aigu, orge et foin.

Le tableau suivant montre la date de l'apparition de la sensibilité et de la crépitation chez ces 317 sujets, mais 96 seulement d'entre eux ont vu leur scorbut évoluer spontanément jusqu'à la mort, et il ne sera tenu compte que

([1]) En raison de la provenance diverse de la plupart des cobayes qui ne sont pas nés dans notre chenil, nous avons été obligés de ne pas tenir rigoureusement compte d'un âge que nous ignorions souvent, mais du poids facilement constatable. Les constatations que nous avons été à même de faire concordent pleinement avec les chiffres donnés à l'article Cobaye dans le *Dictionnaire de Physiologie*, de Richet. Un cobaye de 300g est âgé d'environ 2 mois, c'est-à-dire jeune. A 3 mois et demi, un cobaye pèse 500g, et l'on peut le considérer comme entrant dans l'âge adulte; il est, d'ailleurs, capable de reproduire à ce moment. A 18 mois, et au delà, la plupart des sujets atteignent 800g, 1000g et même plus, principalement les femelles.

de ceux-ci dans le calcul de la survie moyenne. Les autres, en effet, ont été sacrifiés à diverses dates ou guéris par une modification appropriée du régime.

	Apparition		Survie	
	de la sensibilité (jours).	de la crépitation (jours).	Nombre de sujets.	(jours).
De 200^g à 300^g (40 sujets)........	11,4	15,5	(22)	28
De 300^g à 400^g (66 »)........	12,3	15,5	(25)	28
De 400^g à 500^g (56 »)........	14,2	18,5	(19)	28,6
De 500^g à 600^g (45 »)........	16	19,7	(15)	35,5
De 600^g à 700^g (55 »)........	16,1	20,2	(11)	34
De 700^g à 900^g (40 »)........	16,9	20,4	(4)	38
Au dessus de 900^g (de 900^g à 1300^g) (15 sujets)........	17,8	21	néant	

Ces résultats démontrent que devant une même alimentation, déficiente (régime du scorbut aigu) les âges ne sont pas égaux [1]. Les animaux jeunes souffrent et meurent plus précocement que les adultes de cette carence. Des faits semblables avaient été établis, par Chossat, en ce qui concerne l'inanition vraie.

On peut ajouter qu'il n'existe pas de différence notable entre les sexes au point de vue d'apparition des accidents et de la durée de la survie [2]. Les tentatives de guérison, échouant plus souvent chez les sujets jeunes que chez les adultes indiquent d'autre part que la nutrition des premiers est plus profondément touchée par l'avitaminose C que celle des seconds.

PHYSIOLOGIE. — *Des effets de l'électrolyse sur les diastases tissulaires d'origine animale. Abondance d'acide silicique dans les cendres.* Note [3] de M. F. **Maignon**, présentée par M. E. Leclainche.

Nous avons montré précédemment que les diastases tissulaires extraites d'organes sains, par la méthode que Lebedeff a utilisée pour la zymase

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, t. 90, 1924, p. 231.

(2) L'apparition des premières manifestations chez les cobayes, au régime du scorbut chronique (orge, 1^g; foin, 30 à 120^g; jus de citron stérilisé, 10^{cm^3}) s'est également faite de façon plus précoce chez les sujets jeunes; mais dans ce cas les différences pour nettes qu'elles soient, sont moins importantes que celles constatées chez les cobayes au régime du scorbut aigu.

(3) Séance du 4 février 1924.

alcoolique à l'égard de la levure de bière, sont douées de propriétés thérapeutiques vis-à-vis des organes de même nom. Il existe une spécificité d'organe extrêmement nette.

Nous avons attribué les propriétés thérapeutiques des poudres ainsi obtenues aux diastases tissulaires et non aux impuretés qu'elles peuvent contenir, et cela en raison de ce que : 1° ces poudres sont sans action sur les sujets sains; 2° elles agissent à doses presque infinitésimales. (1^{mg} pour un organisme de 60^{kg}); 3° leur action n'est pas proportionnée à la dose. Les doses massives ne produisent pas plus d'effets que les doses thérapeutiques extrêmement faibles. Le caractère même de ces effets élimine immédiatement l'hypothèse d'hormones ou d'excitants fonctionnels et ne permet d'envisager que celle d'une action catalytique. On s'explique alors l'absence d'action sur les sujets sains, sachant que l'intensité des phénomènes chimiques de la nutrition n'est pas liée à l'abondance des matériaux ou des agents nutritifs (catalyseurs), mais uniquement aux besoins physiologiques de l'organisme.

Ces diastases tissulaires contiennent nécessairement des ferments d'analyse : protéases, amylases, lipases, oxydases, qu'il est facile de mettre en évidence dans les poudres retirées des divers organes. Mais les propriétés protéolytiques, amylolytiques, etc. de ces poudres sont très faibles comparées à celles des ferments digestifs. Il semble donc que les diastases analysantes ne représentent qu'une minime partie de ces poudres. Le reste serait-il constitué par les diastases de synthèse dont Duclaux a émis le premier l'hypothèse? Les diastases de synthèse seules permettraient d'expliquer la spécificité d'organe de ces poudres dont l'activité thérapeutique devrait leur être attribuée. On conçoit en effet que ces ferments soient susceptibles de favoriser la réparation des lésions.

L'analyse physico-chimique peut nous apporter quelques renseignements utiles.

Analyse chimique. Étude des cendres. — Nous avons été très surpris en incinérant ces diastases tissulaires dans une capsule de platine de constater que le résidu minéral était très abondant et qu'au lieu de se présenter à l'état amorphe et pulvérulent, il entrait en fusion à une certaine température et laissait par refroidissement une importante masse vitreuse, transparente comme du verre, formant à la surface du platine un véritable émail.

Cette masse est inattaquable par les acides, sauf l'acide fluorhydrique qui la dissout rapidement, en laissant un dépôt de silice gélatineuse. Elle est soluble dans la potasse caustique au rouge, insoluble dans la solution à

froid qui produit seulement et à la longue un léger dépoli. Cette masse est donc constituée par une forte proportion de silice ou mieux de silicates.

Les diastases tissulaires de tous les organes sans exception (foie, pancréas, estomac, intestin, poumon, cœur, muscles lisses, muscles striés, thyroïdes, surrénales, rein, etc.) abandonnent à l'incinération cette masse vitreuse; toutes, sans exception, renferment donc de la silice. Toutes également renferment du calcium. A part ces deux éléments, on trouve, dans les diastases de certains organes seulement, de l'acide phosphorique, de l'acide arsénique, du magnésium et du fer, toutes substances décelables facilement par les procédés chimiques.

Les diastases de chaque organe paraissent avoir une composition minérale constante, variable seulement d'un organe à l'autre.

La proportion d'éléments minéraux est très importante, eu égard aux traces extrêmement faibles de ces mêmes substances que l'on trouve dans les organes d'où ces diastases sont extraites. Nous donnons quelques chiffres à titre d'exemple :

Diastases de foie	24 à 32	pour 100
» pancréas	15	»
» rein	19	»
» muqueuse gastrique	24 à 35	»
» thyroïde	42	»
» muscles striés	46	»

Pour certaines diastases, les éléments minéraux entrent donc pour près de moitié dans la constitution du catalyseur.

Ces poudres présentent deux particularités extrêmement curieuses : leurs *propriétés thérapeutiques* et leur *extrême richesse en éléments minéraux*, *surtout en silice*. Ces deux faits ne seraient-ils pas solidaires l'un de l'autre? L'analyse électrique va nous répondre.

Analyse électrique. — En soumettant à l'électrolyse les solutions de ces poudres, dans les mêmes conditions que les diastases de suc pancréatique, nous avons constaté que ces solutions laissent passer de 7 à 10 milliampères, c'est-à-dire qu'elles sont notablement plus conductrices que l'eau pure et que l'arrachement des éléments minéraux, par transport des métaux à la cathode et des radicaux acides à l'anode, entraîne un coagulum à la fois *dans la branche positive et dans la négative*. Ce coagulum se comporte exactement comme celui des diastases du suc pancréatique. Le louche se résout en grumeaux, animés d'un double mouvement ascendant et descendant vis-à-vis de l'électrode. Ces grumeaux vont d'abord en augmentant de nombre

et de dimension, puis ils deviennent de plus en plus fins, de moins en moins nombreux, leurs mouvements sont de plus en plus lents, jusqu'à ce qu'ils se déposent, une fois déminéralisés et frappés d'immobilité. Pendant ce temps, le liquide de la branche positive devient acide et se charge de silice soluble, tandis que celui de la branche négative devient alcalin en se chargeant de chaux. L'électrode négative se recouvre d'un dépôt d'oxydes et la positive reste intacte.

L'arrachement complet des éléments minéraux demande le *même temps* que pour les diastases du suc pancréatique, 4 à 5 jours. Ce n'est qu'à partir de ce moment que l'immobilité des particules est obtenue.

En outre, ces solutions, dans lesquelles les ions minéraux ont été arrachés brutalement et complètement du substratum protéique, ont *perdu leurs propriétés thérapeutiques*, et ce n'est qu'à partir du moment où l'immobilité complète des grumeaux est obtenue que ce résultat est atteint.

Les diastases de muscles lisses en particulier qui, administrées à des sujets atteints d'insuffisance fonctionnelle des muscles lisses de l'intestin, compensée par une exagération de l'excitation nerveuse vago-sympathique, produisent de violentes coliques et de la diarrhée, deviennent tout à fait inertes après avoir subi cette opération.

Ces poudres tissulaires, douées de propriétés thérapeutiques, et dont on a discuté la nature diastasique, présentent donc les plus grandes analogies avec les diastases extraites du suc pancréatique et l'amylase de l'orge germée. Comme ces dernières, elles perdent leur activité sous l'influence de la dissociation complète des éléments minéraux et protéiques, obtenue dans les deux cas par électrolyse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Essais de détection de l'acide pyruvique dans le muscle et le foie*. Note de MM. **L.-J. Simon** et **E. Aubel**, présentée par M. Henneguy.

« L'isolement de l'acide pyruvique au cours du catabolisme de l'alanine ou de l'acide lactique n'a pas encore été accompli. Mais on peut hardiment poser la question : La conversion de l'acide lactique en alanine se fait sans doute avec formation intermédiaire d'acide pyruvique. » C'est en ces termes que Dakin pose le problème. Il était intéressant de reprendre la question en nous servant d'une technique qui permet de déceler dans le sang $0^{g},1$ d'acide pyruvique ajouté dans 1000^{cm^3} [1].

---

[1] L.-J. Simon et E. Aubel, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1925.

1° *Recherche sur la bouillie de muscle ou de foie frais.* — Nous nous sommes assurés que l'extrait aqueux de 500^g de muscle ou de foie, ramené à un volume de 7^{cm^3} ne donnait aucune des réactions de l'acide pyruvique.

2° *Action de la bouillie de muscle ou de foie sur l'acide pyruvique.* — Tschernorutsky a prétendu que le foie et le muscle, mis en contact avec l'acide pyruvique, font disparaître, totalement au bout de 7 jours, l'acide ajouté avec dégagement de CO^2 et production de substances réduisant le nitrate d'argent; mais Levene et Meyer, opérant aseptiquement, n'ont observé ni dégagement de CO^2 ni absorption de l'oxygène nécessaire pour transformer les produits de la réaction en CO^2 et H^2O.

Nous avons mélangé 50^g de bouillie d'organe avec 200^{cm^3} d'une solution à 1 pour 100 environ d'acide pyruvique, neutralisée. Le tout a été abandonné sous le toluène. On a fait des prélèvements successifs allant de 30 minutes de contact à 24 heures et 8 jours et l'on a dosé après défécation par l'acide trichloracétique l'acide pyruvique restant :

Départ	$1^g,25$	d'acide pour 100
1 heure	1,00	»
24 heures	0,83	»
8 jours	traces	»

Il semble donc qu'il y a disparition. Mais si l'on sépare la bouillie d'organe et qu'on la lessive à l'eau bouillante à l'aide de lavages prolongés, on récupère une grande quantité d'acide pyruvique et les chiffres corrigés deviennent :

Départ	$1^g,25$	d'acide pour 100
24 heures	1,17	»
8 jours	1,08	»

Il n'y a donc pas eu, pratiquement, destruction de l'acide.

3° *Y a-t-il formation d'acide pyruvique par action de la bouillie d'organes sur l'alanine, le lactate de Na ou le glucose?* — Nous nous sommes servis de solutions à 10 pour 100 des corps expérimentés, mis en contact, 100^{cm^3} de solution, avec 25^g d'organes broyés. Après un contact de 24 heures sous toluène, on a séparé la partie liquide et lessivé à l'eau bouillante la bouillie. Les eaux réunies, concentrées dans le vide, n'ont fourni aucune des réactions de l'acide pyruvique dont on aurait pu, ainsi qu'en font foi des expériences témoins, déceler $0^g,1$. Ces résultats détruisent l'objection suivant laquelle l'acide retrouvé lors des expériences citées plus haut aurait été formé aux dépens de matériaux du muscle ou du foie.

4° *Peut-on retrouver l'acide pyruvique dans le foie, après injection lente,*

dans cet organe, d'acide pyruvique, d'alanine, de lactate de Na ou de glucose? — L'expérience a été faite sur des chiens et des lapins. Pour les chiens on injectait lentement dans une mésaraïque, pour les lapins, dans la veine porte, les solutions renfermant 10^g^ pour 100 des substances essayées. On faisait passer 30^g^ à 40^g^ de matière en 1 heure. Puis l'animal était sacrifié, et l'on recherchait sur son foie l'acide cétonique. L'animal était à jeun pour les expériences avec l'alanine, avait son foie enrichi de glycogène pour les autres corps.

Injection d'acide pyruvique. — Sur 30^g^ de pyruvate de Na injecté il a été retrouvé 10^g^,8 d'acide pyruvique correspondant à 13^g^,6 de sel. La transformation bien connue de l'acide cétonique en acide lactique n'est donc pas très rapide, et, *in vivo*, l'acide pyruvique est relativement stable.

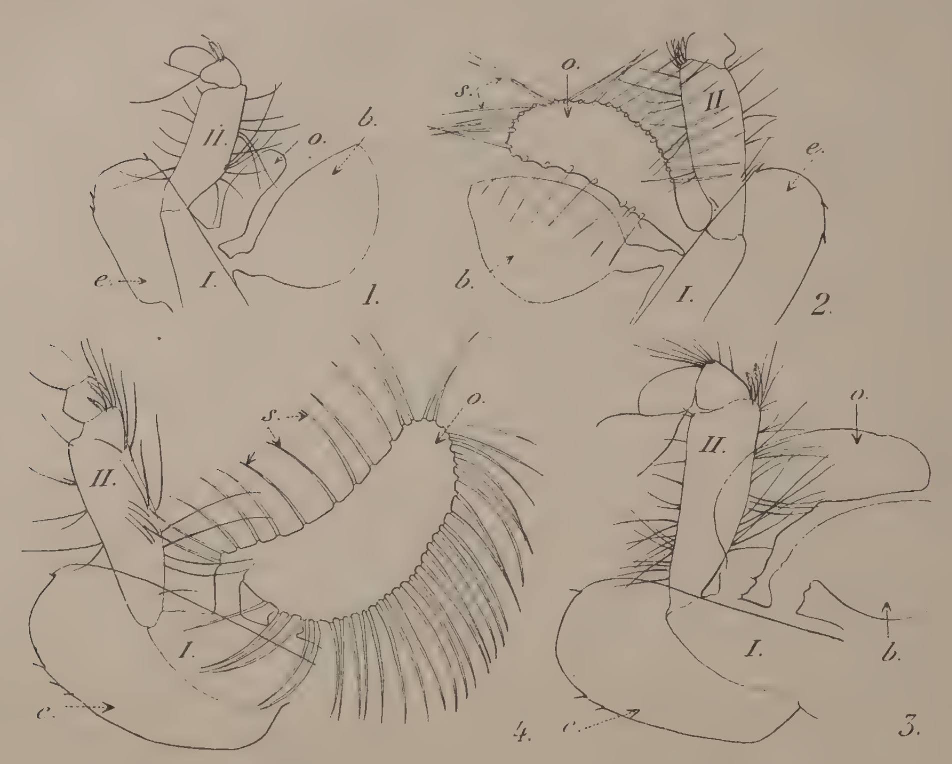
Injection d'alanine, de lactate de Na et de glucose. — Dans aucun cas nous n'avons pu caractériser l'acide pyruvique.

5° *Conclusions.* — Mis au contact de la bouillie de foie ou de muscle frais, l'acide pyruvique ne disparaît pas. *In vivo*, injecté dans le foie, il disparaît, mais assez lentement de telle sorte que, après une heure, il est possible d'en retrouver inaltéré environ 40 pour 100. L'alanine, le glucose, l'acide lactique dans les mêmes conditions n'ont pas donné de quantité décelable d'acide pyruvique. Doit-on en conclure que l'acide ne se forme pas dans les conditions où nous nous sommes placés ? Nous n'oserions l'affirmer. Il se peut en effet que ces résultats négatifs soient dus à une sensibilité insuffisante de la méthode, ou à la rapidité de transformation de l'acide au moment de sa naissance.

BIOLOGIE. — *Caractère sexuel temporaire chez* Gammarus duebenii *Lilj.* (Crustacé amphipode). Note de Mlle **M.-L. Legueux**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Chez les Crustacés amphipodes, de la tribu des *Gammaridea*, les jeunes femelles possèdent des lames ovigères dont le bord est dépourvu de soies, alors que chez les femelles porteuses d'œufs, ces mêmes lames sont armées de soies très longues, qui contribuent à la formation de la chambre incubatrice. Des élevages de *Gammarus duebenii* Lilj., espèce commune dans les eaux saumâtres supra-littorales de la côte du Calvados, m'ont permis de constater que la présence de ces soies constitue un caractère sexuel temporaire, Ce fait résulte des observations suivantes ;

Des femelles de *G. duebenii* Lilj., à lames ovigères dépourvues de soies (*fig.* 1), sont placées dans des cristallisoirs. Après quelques jours d'observation, des mâles sont introduits et des couples se forment rapidement. Au bout de huit jours les mâles se séparent des femelles; celles-ci muent et pondent. Les mâles sont alors retirés des cristallisoirs. A ce moment, si l'on



Gnathopodes II de *Gammarus duebenii* Lilj. × 46.
o, lame ovigère; *s*, soies ovigères; *b*, lamelle branchiale; *e*, épimère; I, premier article du gnathopode; II, second article du gnathopode.

Fig. 1. Chez une jeune femelle immature. — Fig. 2. Chez une femelle à la première ponte. — Fig. 3. Chez une femelle dont les ovaires sont à l'état de repos et qui vient de muer. — Fig. 4. Sur la mue de la femelle ayant fourni la figure 3.

examine les femelles, on constate que leurs lames ovigères portent des soies (*fig.* 2), alors que les lames de l'exuvie en sont dépourvues.

C'est donc pendant la formation de la nouvelle cuticule que les soies se sont développées. Il est d'ailleurs facile de vérifier ce fait, en examinant des femelles vers la fin de la période d'accouplement. Par transparence, on aperçoit les soies des lames ovigères qui s'accroissent en s'insinuant sous la cuticule qui deviendra l'exuvie.

Après la ponte on assiste au développement embryonnaire qui se poursuit dans la chambre incubatrice. Sa durée est variable ; elle est en moyenne de quinze jours. Au bout de ce temps, les jeunes abandonnent les femelles. Celles-ci, débarrassées de leur progéniture, présentent bientôt une nouvelle période d'activité des ovaires, et l'on peut suivre la croissance des ovocytes qui forment deux bandes noires dorsales de part et d'autre du tube digestif.

A ce moment, si l'on introduit des mâles dans les cristallisoirs d'élevage, on observe qu'il y a de nouveau accouplement. Celui-ci est, comme précédemment, suivi d'une mue et d'une ponte. On constate toujours la présence de soies sur les lames ovigères. J'ai observé que l'on peut obtenir jusqu'à trois accouplements successifs. Mais finalement, après l'abandon des femelles par les jeunes *Gammarus* nés de la dernière ponte, les ovaires entrent dans une période de repos pendant laquelle se produit, assez tardivement d'ailleurs, une nouvelle mue. Si, après cette mue, on examine les lames ovigères des femelles, on constate qu'elles ne possèdent plus de soies (*fig.* 3), alors que celles-ci sont présentes sur la dernière exuvie (*fig.* 4).

Les femelles en période de repos sexuel perdent donc leurs soies ovigères.

Il paraît donc bien exister une relation entre l'évolution des ovaires et la présence ou l'absence de soies sur les lames ovigères. On peut en effet tout aussi bien observer de petites femelles que de grandes femelles à lames ovigères dépourvues de soies : les premières sont de jeunes femelles immatures, les secondes des femelles dont l'ovaire est en état de repos.

Nous nous trouvons ici en présence d'un caractère sexuel secondaire temporaire en tout point comparable à celui que Sollaud (1923) (¹) a décrit chez les *Palemoninæ*. Nous ajouterons cependant, que chez *G. duebenii* Lilj. les soies des lames incubatrices sont les seules qui apparaissent pendant la période d'activité ovarienne. J'ai fait une étude comparative des articles 1 et 2 des péreiopodes, qui limitent la chambre incubatrice, et je n'ai constaté aucune différence, en ce qui concerne le nombre ou la longueur des soies, entre les femelles en période de repos sexuel et celles qui sont en période de reproduction.

En résumé, ces observations, tant chez les *Palemoninæ* que chez les *Gammaridea*, permettent de se demander s'il n'existe pas chez ces Crustacés une hormone morphogène, déterminant l'apparition des caractères sexuels secondaires temporaires.

(¹) E. Sollaud, *Recherches sur l'embryogénie des Crustacés Décapodes de la sous-famille des Palemoninæ* (*Bull. Biol. Fr. et Belg.*, Suppl. V, 1923).

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Un nouveau cas d'hermaphrodisme chez l'Oursin,* Strongylocentrotus lividus. Note de M[me] **Anna Drzewina** et M. **Georges Bohn**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

L'hermaphrodisme, chez les Échinides, est extrêmement rare. En fait, malgré le nombre formidable d'Oursins utilisés dans des expériences et recherches de toutes sortes, on n'a signalé jusqu'ici que deux individus hermaphrodites : un *Sphærechinus granularis*, recueilli par Viguier (¹) sur les côtes d'Alger, et un *Strongylocentrotus lividus*, pêché dans la rade de Villefranche et étudié en détail par Maurice Herlant (²). Ce *Strongylocentrotus* présentait trois testicules normaux, un testicule atrophié et parasité et une volumineuse glande mixte dont les produits, mélangés dans l'eau de mer, ont donné, par autofécondation, des larves bien constituées et sans aucune anomalie apparente. Herlant s'est demandé, sans y insister, si la présence d'un parasite dans le testicule atrophié ne serait pas la cause déterminante de l'hermaphrodisme de la glande mixte.

Nous avons nous-mêmes eu l'occasion d'examiner des milliers et des milliers d'Oursins, soit au cours de nos recherches personnelles, soit pendant les manipulations du P. C. N. de Paris, sans jamais être tombés sur un Oursin hermaphrodite. Or, pendant notre séjour l'été dernier au laboratoire de Roscoff, dans un lot de *Strongylocentrotus lividus* dragués le 5 juin au Béclem, il s'en est trouvé un dont l'aspect extérieur ne présentait rien de particulier, mais qui, ouvert, a aussitôt attiré notre attention par ce fait que ses glandes génitales, toutes également bien développées et turgescentes, n'étaient pas toutes de la même couleur : quatre étaient orange comme le sont habituellement les ovaires, la cinquième était jaune paille comme chez les mâles, et, aussitôt incisée, a laissé couler abondamment le liquide spermatique blanc habituel. Les quatre autres glandes étaient des ovaires, parfaitement mûrs eux aussi. Cet Oursin se distingue donc de celui décrit par Herlant en ce que les glandes étaient toutes normales et bien individualisées : quatre entièrement femelles, la cinquième entièrement mâle.

La position respective de ces glandes par rapport à la plaque madréporique (qui se trouve dans l'interradius 2) n'est pas sans intérêt. La glande mâle était située dans l'interradius 3. Or Delage ayant constaté, chez *Strongylo-*

(¹) *Comptes rendus*, t. **131**, 1900, p. 63.
(²) *Arch. de Zoologie expérim. et génér.*, t. **57**, *Notes et Revue*, 1918, p. 28 à 31.

centrotus lividus, que l'anneau formé par les gonades est toujours incomplet dans le radius III, émet au sujet du développement des glandes génitales l'opinion suivante ([1]) : « Le bourgeon génital, partant de l'interradius 2, au lieu de se développer des deux côtés, se développe seulement vers l'interradius 1, continue dans le sens 5, 4, 3, et s'arrête avant d'avoir rejoint 2 ». C'est précisément dans l'interradius 3, donc à l'extrémité distale de l'anneau génital incomplet, que se trouvait la glande mâle chez notre Oursin.

Afin de s'assurer qu'il s'agit d'hermaphrodisme fonctionnel, nous avons (6 juin), d'une part, essayé l'autofécondation, en mélangeant œufs et sperme dans l'eau de mer, et d'autre part nous avons fécondé les œufs d'un *Strongylocentrotus* normal avec le sperme de l'Oursin hermaphrodite.

Dans tous les cas, nous avons obtenu des développements normaux, sensiblement synchrones. Cependant, les larves issues de l'autofécondation, bien qu'aussi robustes que les larves témoins (le 19 juin, jour de notre départ, elles étaient encore bien vivantes), étaient presque toutes, arrivées au stade pluteus, d'aspect anormal. Le caractère dominant était l'asymétrie et la déviation des bras, avec des variantes multiples : un ou plusieurs bras recourbés tantôt vers le dedans, tantôt vers le dehors, ou bien pointant dans diverses directions chez le même individu, ce qui amenait de bizarres intrications ; bras de dimensions très inégales, certains complètement atrophiés ; quelquefois, mais rarement, des bras en surnombre (nous avons trouvé en particulier un individu à 6 bras qui présentait deux cavités gastriques). De plus, le corps, au lieu de former la pyramide bien connue, était lui aussi souvent déformé, infléchi, surbaissé, en dôme...

Ces cas d'hermaphrodisme, si rares chez les Échinides, doivent-ils être interprétés en partant de cette idée qu'il y a en général, chez un même individu, lutte entre les potentialités des sexes opposés, et que chez les Oursins la dominance est très forte de l'un sur l'autre, et ne faiblirait que dans des conditions exceptionnelles, laissant ainsi se manifester côte à côte les deux potentialités ? Nous avons à cet égard des observations sur un Oursin fouisseur, l'*Echinocardium cordatum*, que nous réservons pour un travail ultérieur.

([1]) *Zoologie concrète*, t. 3, p. 214.

PARASITOLOGIE. — *Sur quelques Microsporidies parasites d'Arthropodes.* Note [1] de M. **Raymond Poisson**, présentée par M. F. Mesnil.

Je décrirai dans cette Note trois espèces de Microsporidies non encore signalées à ma connaissance. L'une a été observée chez un individu ♀ de *Notonecta viridis* Delc. et les deux autres chez un exemplaire de *Niphargus stygius* Schiödte.

A. La Microsporidie parasite de *N. viridis*. — La Notonecte parasitée présentait un tissu adipeux hypertrophié et blanchâtre, alors que normalement celui-ci présente une teinte jaune verdâtre.

L'étude de frottis et de coupes m'a permis d'observer les principaux stades de développement du parasite.

Les schizontes amiboïdes mesurent de 2^{μ} à 4^{μ} (*fig.* 1); ils se multiplient activement, non seulement dans tout le corps gras, mais encore dans la cavité générale. La schizogonie est le plus souvent binaire et les chromosomes, au cours des divisions nucléaires, ne s'individualisent pas comme chez *Thelohania mænadis* Ch. Pérez et *Th. magna* R. Kudo (1922) [2].

Les sporontes uninucléés mesurent de 5^{μ} à 7^{μ} (*fig.* 2 et 3); leur cytoplasme renferme des chromidies et de petites plages mucoïdes décelables par la méthode de Prenant.

La figure 4 est un exemple des divisions nucléaires qui conduisent à la formation des pansporoblastes. Ceux-ci, lorsqu'ils sont constitués, renferment 8 sporoblastes (*fig.* 5). (J'ai noté l'existence de quelques rares pansporoblastes à 16 cellules.) Le pansporoblaste semble ensuite passer par un stade de gonflement : les noyaux prennent alors un aspect vésiculeux (*fig.* 6). Puis le noyau de chacun des sporoblastes entre en division; en même temps ils s'aplatissent et prennent une forme arquée (*fig.* 7). J'ai pu constater, dans certains cas, la présence de cinq corpuscules chromatiques que j'interprète comme représentant : les deux noyaux valvaires (*fig.* 7, *v*), le noyau capsulaire (*c*) et les deux noyaux sporoplasmiques (noyaux du germe, *fig.* 7 et 8).

La spore mûre est en forme de large virgule (*fig.* 11 et 12). Observée dans l'eau physiologique (*fig.* 9, coloration lente post-vitale au bleu de

---

(1) Séance du 28 janvier 1924.

(2) R. Kudo, *Studies on Microsporidia with special reference to those parasitic in Mosquitoes* (*Journ. of Morphology*, t. 35, p. 153).

méthylène), sa longueur atteint 6^{μ}; ses deux extrémités sont alors éloignées de $4^{\mu},5$ environ. La fixation détermine une rétraction assez accusée et les dimensions deviennent alors : longueur $4^{\mu},5$ à 5^{μ}; largeur $1^{\mu},5$; distance entre les pôles 3^{μ} (*fig.* 10). Les spores sont tout d'abord réunies sous la membrane du pansporoblaste et forment des kystes à 8 éléments.



A. Microsporidie parasite de *N. viridis* Delc. : *Toxonema Mercieri* n. sp. (× 3000, sauf la figure 12 obtenue avec le système de grossissement suivant : Oc. comp. 12, obj. à imm. 1/16 de Leitz, tubul. 160, projection sur table).

B. Microsporidies parasites de *N. stygius.* Schiödte. Figures 13 à 15 : *Thelohania Vandeli* n. sp. (× 3000). Figures 16-17 : *Mrazekia niphargi* n. sp. (× 3000).

L'une des extrémités de la spore est plus renflée que l'autre et présente une vacuole dans laquelle se trouve le germe, ou sporoplasme, dont le noyau peut être simple ou géminé (*fig.* 11 et 12). La capsule coiffe la chambre du germe. Je n'ai pas observé la dévagination du filament qui

cependant est visible et occupe toute la région antérieure, au-dessus de la vacuole.

Si nous comparons la Microsporidie parasite de *Notonecta* avec les espèces connues, nous constatons que, par la forme de sa spore, elle se rapproche du genre *Toxonema* Léger et Hesse (1922) ([1]). D'autre part, l'unique espèce connue de ce genre : *T. vibrio* Léger et Hesse, présente des pansporoblastes à 8 spores comme ceux de la Microsporidie de *Notonecta*. Ces deux faits me conduisent à placer cette dernière forme dans le genre *Toxonema* et je la nomme *Toxonema Mercieri* n. sp.

B. Les Microsporidies parasites de *N. stygius*. — L'exemplaire de *Niphargus*, abondamment parasité, m'a été aimablement adressé par M. A. Vandel, maître de conférences à la Faculté des sciences de Toulouse. Cet Amphipode, capturé à Issy près de Paris, a été déterminé par M. E. Chevreux. Les spores me paraissent se rapporter à deux types :

a. Type *Thelohania* (*fig*. 14-15). — Les spores normales sont ovoïdes (*fig*. 15). Leur longueur varie entre 6^{μ} et $6^{\mu},5$; leur plus grande largeur est de 3^{μ}. La chambre du germe est postérieure. J'ai remarqué de nombreuses spores anormales (*fig*. 13). Les pansporoblastes sont octosporés.

Cette Microsporidie, à spores un peu plus grandes que celles de *Th. Mülleri* L. Pfeiffer et *Th. Giraudi* Lég. et Hesse (1907) ([2]) (parasites toutes deux du *Gammarus pulex* L.), me paraît devoir constituer une espèce nouvelle, que je nomme *Thelohania Vandeli* n. sp.

b. Type *Mrazekia* Lég. et Hesse (1916) ([3]). — Les pansporoblastes renferment 8 et parfois 16 spores. Celles-ci sont tubuleuses, mais ne présentent pas de manubrium axial net. Leur longueur est de 8^{μ} à 9^{μ} et leur largeur de 2^{μ}. La chambre du germe est postérieure et celui-ci renferme un noyau géminé (*fig*. 17). Je nomme cette Microsporodie *Mrazekia niphargi* n. sp.

Notons, pour terminer, que la position du sporoplasme dans les spores des trois espèces que je viens d'étudier est conforme au type décrit par Léger et Hesse (1916) ([4]).

([1]) LÉGER et HESSE, *Microsporidies bactériformes et essai de systématique du groupe* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 327).

([2]) LÉGER et HESSE, *Sur les Microsporidies de la Crevette d'eau douce* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 80, p. 12).

([3]) LÉGER et HESSE, « *Mrazekia* » *genre nouveau de Microsporidies à spores tubuleuses* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 79, p. 345).

([4]) LÉGER et HESSE, *Sur la structure de la spore des Microsporidies* (*C. R. Soc. Biol.*, t. 79, p. 1049).

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Remarques sur les polyadénomes stomacaux du type Brünnerien.* Note de M. R. **Argaud**, présentée par M. Henneguy.

La présence des glandes de Brünner dans la paroi stomacale nous paraît présenter, plus souvent qu'on ne le croit, un autre intérêt que celui d'une simple anomalie topographique. On sait déjà (Hayem, 1875, 1897; Bensaude et Soca, 1900, etc.) que leur groupement erratique peut devenir le siège de tumeurs malignes; mais il fut toujours question, dans les cas relatés, d'une transformation cancéreuse de polyadénomes préexistants. En réalité la nocivité de ces formations peut être le résultat de tout autre processus. C'est ainsi que, par une simple prolifération désordonnée, tout en restant normales et surtout en n'affectant aucune des modifications morphologiques caractéristiques des adénomes ou des épithéliomes, les glandes de Brünner peuvent constituer une tumeur maligne.

Il ne s'agit ni de la tendance au développement centrifuge des acini, comme dans les adénomes, ni de la prolifération centripète des cellules, comme dans les épithéliomas glandulaires; bien au contraire, les cellules restent régulièrement disposées côte à côte; c'est à peine si l'on peut observer quelques légères bosselures superficielles des acini ou quelques plissements en accordéon, soulignés par des traînées de cellules plasmatiques souvent éosinophiles. La seule différence avec l'état normal résiderait, à bien y chercher, dans le nombre un peu plus considérable des cellules granuleuses décrites par Oppel (1911) et comparées par lui aux cellules de Paneth. Les glandes de Brünner ressemblent alors assez bien à des glandes salivaires mixtes avec quelques acini séreux et, quelquefois même coiffant un groupe de cellules claires, de rares croissants de Gianuzzi. On peut suivre, d'ailleurs, sur certains acini, toute l'évolution structurale des cellules bourrées de fines granulations éosinophiles. Ces granulations grossissent; leur périphérie paraît se liquéfier; elles apparaissent comme des grains rouges au centre de vacuoles blanchâtres; puis les grains disparaissent; les vacuoles deviennent plus ou moins confluentes. Les cellules sont alors claires et, lentement, se remplissent d'une substance transparente de plus en plus abondante qui relègue et aplatit le noyau contre la menbrane basale.

En étendant au domaine de l'histologie normale, en généralisant, par conséquent, les données de l'observation histopathologique, nous pouvons dire, à l'inverse de l'opinion de Oppel, que les cellules séreuses des glandes

de Brünner ne sont pas des éléments spécifiques possédant un ferment digestif spécial. Nous pensons, au contraire, que les cellules sombres et les cellules claires des glandes de Brünner répondent simplement aux stades extrêmes d'une même activité fonctionnelle.

Mais le fait important sur lequel nous devons insister, c'est précisément ce processus morbide de prolifération des acini Brünneriens qui refoulent d'abord la musculeuse de l'estomac, l'entament, se logent dans les anfractuosités nouvellement creusées, pour continuer, plus loin encore, leur action térébrante.

En résumé, les polyadénomes Brünneriens de l'estomac peuvent, sans transformation cancéreuse, mais par simple prolifération anormale de leurs acini normaux, envahir la tunique contractile et devenir ainsi des tumeurs malignes au sens des anatomo-pathologistes allemands. Les symptômes cliniques sont ceux de de l'ulcère de l'estomac, quoiqu'à la vérité il puisse n'exister, tout au moins au début, aucune trace d'ulcération.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essais de traitement des séquelles de l'encéphalite épidémique par injections intra-rachidiennes de virus encéphalitique vivant.* Note de M. C. **Levaditi**, présentée par M. Roux.

J'ai montré, en collaboration avec Harvier [1], que le virus encéphalitique de passage par lapins (souche Carnot) n'est pas constamment virulent pour les singes catarrhiniens inférieurs (*Macacus cynomolgus*, *Macacus rhesus*, *Cynocephalus hamadrias*). Un seul *cynomolgus*, parmi les nombreux singes inoculés par voie cérébrale, est mort d'encéphalite (présence de virus dans l'encéphale). Depuis, j'ai eu l'occasion de confirmer ces données, en collaboration avec S. Nicolau et P. Poincloux. De plus, nous nous sommes demandé si le *Chimpanzé* se comportait comme les singes inférieurs, au point de vue de la réceptivité à l'égard du virus encéphalitique de passage. Des expériences ont été faites sur deux jeunes chimpanzés, auxquels nous avons inoculé, par voie intra-cranienne, une émulsion virulente, préparée avec le cerveau d'un lapin mort d'encéphalite aiguë (virus Carnot). Aucun de ces animaux n'a réagi; actuellement, plus de trois mois après l'inoculation, ils sont en parfait état. Nous avons étudié également, sur les mêmes chimpanzés, la virulence des virus encéphalitique et herpétique (souche *Am.*) pour la *cornée*; seul le germe herpétique a déterminé une kératite intense. Nous relaterons ultérieurement les détails de ces expériences.

(1) Levaditi et Harvier, *Annales Pasteur*, t. 34, 1920, p. 911.

Pour l'instant, retenons ce fait que *le virus encéphalitique, entretenu sur le lapin par de multiples passages cérébraux, est dépourvu de virulence pour le chimpanzé, en injection intra-cérébrale.*

Ces constatations m'ont déterminé à engager MM. L. Fournier, A. Marie, P. Poincloux et A. Schwartz à tenter sur l'homme le traitement des séquelles de l'encéphalite épidémique, par injection de virus encéphalitique vivant, pratiquée dans le canal rachidien. On sait que l'immunité est lente à apparaître au cours de la maladie de v. Economo, et que les récidives sont fréquentes dans cette maladie. D'autre part, j'ai montré, avec S. Nicolau, que l'état réfractaire acquis du névraxe, dans les *ectodermoses neurotropes* (encéphalite, herpès, neurovaccine) est un processus local, le cerveau immunisé détruisant le germe par des moyens qui lui appartiennent en propre (¹). Peut-on réaliser une augmentation du degré de l'état réfractaire des centres nerveux, chez les encéphalitiques, en pratiquant la vaccinothérapie par voie intra-rachidienne? Et si tel est le cas, la guérison, ou, du moins, l'amélioration des symptômes, s'ensuivront-elles?

MM. L. Fournier, A. Marie, P. Poincloux et A. Schwartz ont appliqué la thérapie intra-rachidienne à 6 malades, anciens encéphalitiques, qui présentaient des séquelles, telles que facies parkinsonien, troubles de la démarche, paralysies des nerfs moteurs de l'œil, tremblements, aphasie, phénomènes psychiques. Ces malades ont reçu, par voie rachidienne, 6 à 8 injections (une par semaine) de 2 à 4^{cm^3} de virus encéphalitique vivant. Ces cliniciens relateront, en temps voulu, les résultats de leurs observations. Pour l'instant, il en résulte que l'inoculation intra-rachidienne du virus encéphalitique vivant ne provoque, chez l'homme, que des troubles passagers, sans nulle gravité. Le germe disparaît du liquide cérébro-spinal dans les 24 heures qui succèdent à l'inoculation, ainsi que le prouve l'injection de ce liquide à des lapins (voie intra-cranienne). Enfin, *des améliorations incontestables ont été observées dans quatre cas soumis à la vaccinothérapie intra-rachidienne.*

Conclusions. — *L'inoculation du virus encéphalitique vivant dans le canal rachidien des anciens encéphalitiques ne produit que des troubles passagers, sans aucune gravité. Le germe disparaît rapidement du liquide cérébro-spinal. La thérapie intra-rachidienne semble déterminer une amélioration incontestable des séquelles de l'encéphalite épidémique.*

Étant donnés ces résultats encourageants, il serait utile de multiplier ces tentatives, afin de préciser la valeur thérapeutique de la méthode.

(¹) Levaditi et Nicolau, *Annales Pasteur*, t. 37, 1923, p. 1.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Vaccine et Mésoderme.* Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Les recherches expérimentales faites en 1901 par Calmette et Guérin établissant la grande réceptivité du lapin à la vaccine ont beaucoup facilité l'étude du virus vaccinal et de son affinité pour certains tissus.

Après A. Marie, Levaditi et ses collaborateurs ont montré que la vaccine pouvait déterminer une encéphalite mortelle chez le lapin, et à la suite de leurs recherches sur quelques ultravirus, ils groupaient sous la dénomination d'*Ectodermoses neurotropes* plusieurs maladies, parmi lesquelles la vaccine, qui ont une affinité spéciale pour les tissus dérivés du feuillet ectodermique de l'embryon.

Or les expériences que nous désirons rapporter dans cette Note attestent que, du moins pour ce qui concerne le virus vaccinal, cette affinité pour les tissus ou organes d'origine ectodermique est loin d'être constante.

En inoculant de la vaccine sous la conjonctive du lapin, ou sous la dure mère après trépanation, nous avons remarqué qu'il se produit, avec une intensité plus ou moins marquée, une réaction œdémateuse qui paraît liée à la présence du virus dans le tissu conjonctif.

Pour nous en assurer, nous avons eu recours à un procédé emprunté à la technique de Borrel pour l'obtention de grosses quantités de pulpe riche en virus de la clavelée, chez le mouton. Nous inoculons, sous la peau des flancs d'un lapin, 100^g à 150^g d'eau physiologique tiédie à la température du corps de l'animal et dans laquelle ont été émulsionnés 2^{cm^3} d'une dilution de virus vaccinal aseptique. Dans une première série d'expériences nous avons utilisé du virus vaccinal entretenu sur lapin par passages intra-cérébraux. Dans une seconde série nous avons employé de la vaccine cutanée de génisse, que nous avons purifiée par quelques passages sur la cornée du lapin. Cette méthode donne pratiquement, comme nous l'avons montré antérieurement, une purification suffisante. Les deux méthodes nous ont donné des résultats identiques. Notons cependant qu'au premier passage sous-cutané, la vaccine cornéenne donne une réaction moins forte que la vaccine cérébrale. Mais, après quelques passages sur lapin, les virus des deux origines manifestent une égale virulence et déterminent des réactions identiques. D'autres lapins témoins n'ont reçu que de l'eau physiologique stérile. Voici les faits que nous avons observés :

Quelques heures après l'inoculation, le liquide se rassemble dans les parties déclives de l'abdomen, où il se forme un placard rénitent qui se résorbe

assez vite 48 heures après l'injection, il n'en reste aucune trace chez les lapins témoins.

Par contre, chez les lapins inoculés avec le virus vaccinal, on sent un petit cordon ventral qui donne la sensation d'un cordon lymphangitique. Le troisième et le quatrième jour, la réaction augmente pour atteindre son développement maximum du cinquième au sixième jour. Elle forme alors une masse volumineuse un peu élastique, infiltrée et adhérente à la peau. A ce moment l'animal, jusque-là bien portant en apparence, perd l'appétit, et devient triste. Sa température s'est progressivement élevée jusqu'à 40°,5. Vers le sixième ou le septième jour elle tombe à 38° ou au-dessous et, le jour même ou le lendemain de cette chute, l'animal meurt en hypothermie. L'incision de la paroi abdominale montre un tissu lardacé, épais d'un travers de doigt, occupant toute la paroi déclive de l'abdomen. Tout le tissu conjonctif est fortement œdématié. A la coupe il laisse couler une sérosité limpide, jaunâtre, comme dans le cas d'inoculation de claveau chez le mouton. La peau de la région ventrale est profondément infiltrée et d'un rouge violacé. Le cerveau se montre toujours viruleut.

Un lapin de 800g fournit ainsi environ 20g de pulpe et une dizaine de grammes de lymphe. Lymphe et pulpe, après vérification de leur asepsie se montrent virulentes, mais inégalement. On peut reproduire la kératite, l'encéphalite et la réaction sous-cutanée vaccinale chez d'autres lapins avec la lymphe, mais les réactions sur la peau du lapin et de l'homme sont faibles ou nulles. Par contre, la pulpe se montre parfaitement virulente pour le lapin et donne constamment de très belles pustules chez l'homme.

Les passages de lapin à lapin donnent toujours des résultats positifs.

La technique que nous venons d'exposer démontre que le tissu conjonctif, d'origine mésodermique, est au moins aussi sensible que l'ectoderme au virus vaccinal. Elle permet même de se procurer aisément d'assez grandes quantités de vaccin, pur de tout autre germe, et de virulence irréprochable pour l'homme, ce qui peut être avantageux dans certaines circonstances, particulièrement en pays chauds.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du système nerveux sur l'immunisation.* Note de M. S. Metalnikow, présentée par M. Roux.

Pour démontrer l'action du système nerveux sur les phénomènes d'immunité, nous avons entrepris toute une série d'expériences sur des grenouilles. Malheureusement ces expériences n'ont pas donné jusqu'à présent de

résultats bien nets, c'est pourquoi nous nous sommes adressé à des animaux plus simples. Les chenilles de *Galleria mellonella* conviennent très bien pour ces sortes de recherches. Elles s'immunisent très facilement envers toute une série de microbes. En outre, elles présentent cet avantage que leurs centres nerveux se logent au-dessous des téguments et sont très faciles à détruire par la brûlure; nous nous sommes servi, pour cette opération, d'un fil de platine chauffé au rouge.

D'abord, nous avons essayé de brûler les ganglions cérébraux. Les chenilles supportent bien cette opération et vivent 2-3 semaines. Elles conservent leur faculté de se mouvoir, mais elles ne mangent rien et ne font pas de cocons. Elles meurent finalement sans pouvoir se transformer en chrysalides et papillons.

Nous avons obtenu les mêmes résultats en brûlant le premier et le second ganglion thoraciques. Tout autres sont les résultats si l'on brûle le troisième ganglion thoracique : la chenille tombe sur le côté et reste paralysée 10-15 jours ; cependant elle est vivante, elle réagit aux excitations, mais elle ne bouge pas, ne mange pas. Elle ne se transforme pas en chrysalide.

La brûlure des ganglions ventraux est moins nuisible : les chenilles restent mobiles, font leurs cocons, mais ne se transforment pas en chrysalides. Toutes les chenilles opérées ont été immunisées par l'injection de cultures chauffées à 58° de Choléra M.

Ainsi que nous l'avons démontré dans un autre travail, cette culture est peu virulente pour les chenilles, mais elle immunise mieux que les cultures très virulentes. Après 24 heures les chenilles sont toutes immunisées ; nous les injectons alors des doses minima mortelles de vibrions vivants.

Expérience 50. — Le 7 novembre, nous avons brûlé les ganglions cérébraux de 10 chenilles. Une heure après cette opération, 5 chenilles étaient immunisées par l'injection des cultures chauffées. Cinq autres chenilles sont restées non immunisées. 24 heures après, toutes les chenilles ont reçu des doses mortelles de Choléra M vivant.

	Après 24 heures.	Après 48 heures.
5 chenilles immunisées......	5 vivantes.	5 vivantes.
5 chenilles non immunisées...	3 vivantes, 2 mortes.	5 mortes.

Expérience 503. — Le 24 novembre, nous avons brûlé, chez 30 chenilles, les premier, deuxième, troisième ganglions thoraciques.

2 heures après cette opération, 15 chenilles étaient immunisées, les 15 autres ne l'étaient pas.

Le lendemain 25 novembre, toutes les chenilles ont reçu des doses mortelles de Choléra M. vivant.

Après :	24 heures.	48 heures.	70 heures.
5 chen. sans 1 gang. thor. immun........	5 viv.	5 viv.	3 viv. 2 m.
5 » 1 » non immun....	3 viv. 2 m.	2 viv. 3 m.	5 m.
5 » 2 » immun........	5 viv.	5 viv.	4 viv. 1 m.
5 » 2 » non immun....	2 viv. 3 m.	1 viv. 4 m.	5 m.
5 » 3 » immun........	2 viv. 3 m.	1 viv. 4 m.	5 m.
5 » 3 » non immun....	5 m.	5 m.	5 m.
5 chenilles témoins immunisées.........	5 viv.	5 viv.	5 viv.
5 » non immunisées.....	3 m. 2 viv.	1 viv. 4 m.	5 m.

Expérience 505. — Le 28 novembre, nous avons brûlé chez 20 chenilles les ganglions ventraux. Vingt-quatre heures après cette opération, 10 chenilles étaient immunisées, les autres sont restées non immunisées. Le 30 novembre, toutes les chenilles ont reçu des doses mortelles de choléra M. vivant.

	Après 24 heures.	Après 48 heures.
10 chenilles immunisées. . .	10 viv.	9 viv., 1 m.
10 chenilles non immunisées.	2 viv., 8 m.	10 m.

Ces expériences montrent que les chenilles normales, les chenilles sans ganglions cérébraux, les chenilles privées du premier ou du deuxième ganglion thoracique ou des ganglions ventraux, sont facilement immunisées contre le choléra. Au contraire, après la destruction de la troisième paire de ganglions thoraciques, l'immunisation est impossible. Ces ganglions semblent donc jouer un rôle important dans les phénomènes d'immunité chez la chenille *Galleria mellonella*.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Disparition d'une atrophie génitale ancienne après ingestion de grandes quantités de thymus cru.* Note [1] de MM. **Jean Camus** et **J.-J. Gournay**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons montré [2] que le diabète insipide expérimental, provoqué par lésion de la base du cerveau, s'accompagne de troubles très importants du métabolisme des nucléoprotéides à tel point que l'acide urique diminue et parfois disparaît complètement des urines, tandis que corrélativement les bases puriques et les phosphates augmentent de façon considérable.

Depuis notre Communication, nous avons encore vérifié, avec M. Fiterre, ces faits un grand nombre de fois. Nos conclusions générales étaient que le diabète insipide expérimental s'explique par un double mécanisme nerveux et humoral, et nos recherches récentes confirment cette manière de voir. Au

(1) Séance du 4 février 1924.

(2) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 289.

cours de ces recherches, nous avons observé un fait qui nous a paru digne d'être signalé.

Un de nos chiens en expérience présentait depuis quatre ans, époque à laquelle une lésion de la base cérébrale avait été pratiquée chez lui, un diabète insipide de 3^l à 4^l par jour, une obésité considérable et une atrophie génitale complète. Sa verge était très petite; ses bourses non formées; ses testicules, gros comme de petits haricots, étaient enfouis dans la graisse sous la peau du ventre. Ce chien, opéré en novembre 1919, fut présenté plusieurs mois après à la Société de Biologie, il fut présenté à la réunion internationale neurologique de 1922, il fut montré au cours de M. Abrami la même année, puis en 1923 au cours de M. Gley et à celui de M. Widal.

En août dernier, pour étudier l'influence des nucléoprotéides sur les symptômes présentés par ce chien et en particulier sur sa polyurie, nous lui avons donné chaque jour plusieurs centaines de grammes de ris de veau cru et de la rate. La quantité des urines, sauf un jour où brusquement elle tomba de 4^l à 700^{cl}, ne varia guère, le poids resta le même (28^{kg}); mais en septembre ce chien présenta une excitation génitale insolite qui étonna d'autant plus que, depuis 4 ans, il n'avait manifesté aucun instinct génésique.

Au début de décembre, son poids était encore de 27^{kg}, ses urines atteignaient quotidiennement le chiffre de 4^l, mais sa verge avait plus que doublé, ses bourses s'étaient développées et ses testicules proportionnellement avaient pris un développement énorme.

Une nouvelle administration de ris de veau seul par ingestion prolongée pendant 9 jours fut suivie d'une nouvelle augmentation de volume appréciable à la mensuration.

La quantité considérable de tissus de veau que ce chien a ingéré n'autorise pas une conclusion formelle sur le mécanisme du fait que nous signalons; il se peut que dans les tissus de veau, animal en évolution, dans les plasmas de ces tissus se trouvent des substances qui excitent les fonctions génitales. Le fait, s'il était solidement établi, serait déjà fort intéressant, mais nous ne pouvons nous empêcher de penser à une action spéciale du thymus sur les organes génitaux ([1]). Ces derniers, on le sait, augmentent de volume quand le premier régresse. Quelques expériences de thymectomie paraissent favorables à l'hypothèse d'une corrélation fonctionnelle entre les deux organes, mais elles sont différemment interprétées par les auteurs.

([1]) Deux autres expériences non terminées (que nous poursuivons en ce moment) plaident dans le même sens.

CHIMIE THÉRAPEUTIQUE. — *Sur une nouvelle série de médicaments trypanocides.* Note de MM. **Ernest Fourneau**, **Jacques Tréfouël**, Mme **Jacques Tréfouël** et **Jean Vallée**, présentée par M. E. Roux.

Vers la fin de l'année 1920 on entendit parler, pour la première fois, sous le nom de « 205 Bayer », d'un nouveau médicament trypanocide trouvé dans les laboratoires de la grande maison de produits chimiques allemande, des Farbenfabrik form. Bayer.

Jusqu'ici la composition de ce médicament est restée ignorée. Les fabricants se sont énergiquement refusé à la divulguer en raison, disent-ils de la difficulté considérable qu'ils éprouvent à se garantir contre la concurrence étrangère. Toutefois on sait que ce produit ne contient ni arsenic, ni antimoine.

Les premières publications montrèrent qu'il s'agissait d'une substance douée d'un pouvoir trypanocide exceptionnel, supérieur de beaucoup à celui de tous les médicaments employés jusqu'ici dans le traitement des trypanosomiases. C'est ainsi que le rapport entre l'action curative et l'action toxique dépasse 160 et atteint parfois 300. En un mot, tandis que 12^{mg} de 205 ne tuent pas une souris de 20^{g}, il suffit de $\frac{1}{16}$ de milligramme pour la débarrasser définitivement de ses trypanosomes.

Les expériences de laboratoire justifiaient tous les espoirs et, malgré le mystère qui entourait le 205, peut-être même à cause de ce mystère, il attira rapidement l'attention de tous les spécialistes des maladies tropicales. Autour de lui se développa bientôt une atmosphère d'intense curiosité. L'intérêt était d'autant plus grand que les Allemands ne voulaient fournir cette drogue qu'à des personnes choisies avec soin et qui devaient prendre l'engagement formel de n'en céder à qui que ce soit.

Que peut-on savoir sur la composition chimique de cette mystérieuse substance? — En parcourant la liste des brevets parus depuis l'année 1912, l'attention est attirée sur toute une série de substances découvertes dans les laboratoires des Farb. f. Bayer. Dans le premier de ces brevets il est dit que les corps décrits agissent sur les trypanosomes. En nous aidant de ces brevets et après des recherches systématiques qui ont duré plus d'une année, nous sommes arrivés à préparer une substance que nous croyons identique au « 205 Bayer ». Les propriétés physiques et l'action tripanocide sont absolument identiques : il est impossible de déceler la moindre différence. Toutefois, la preuve formelle, telle qu'elle ne peut être donnée que par une étude chimique complète, n'a pu encore être faite par nous, faute d'une quantité suffisante de médicament allemand.

Nous désignons la substance obtenue par nous par le n° 309.

Au point de vue chimique c'est l'*urée symétrique de l'acide métaaminobenzoyl-métaaminoparaméthylbenzoyl-1-naphtylamino-4-6-8-trisulfonate de sodium.* — Comme on le voit, c'est une substance compliquée, une

sorte de polypeptide à noyaux aromatiques. Son poids moléculaire est de 1428.

Pour la préparer on fait d'abord agir sur le 1-naphtylamino-4.6.8-trisulfonate de sodium le chlorure de l'acide paraméthylmétanitrobenzoïque en présence d'acétate de sodium, en favorisant la réaction par une agitation énergique. On réduit l'amide nitrée de façon à préparer l'amide aminobenzoïque. Sur la fonction aminée ainsi créée on fait agir le chlorure de métanitrobenzoyle. On réduit la nouvelle fonction nitrée et l'on condense par le phosgène deux molécules du complexe obtenu.

Le 309 se présente sous la forme d'une poudre blanchâtre parfois couleur chair, parfois grisâtre, extrêmement soluble dans l'eau et insoluble dans l'alcool. Elle est facilement hydrolysée par l'acide sulfurique concentré.

L'action sur les animaux est tout à fait remarquable. Comme nous l'avons dit, une souris de 20^g supporte sans trouble apparent une dose de 10^{mg} à 12^{mg}. Si l'on fait agir le médicament sur une souris infectée de *Tr. brucei* (nagana), au deuxième jour de l'infection, alors que le sang contient déjà de nombreux parasites, il suffit de $\frac{1}{32}$ de milligramme pour arrêter le développement de l'infection pendant plusieurs jours, parfois même définitivement. Dans tous les cas, la dose de $\frac{1}{16}$ de milligramme ($0^g,000062$) suffit pour guérir l'animal dans tous les cas.

Avant d'arriver à découvrir cette substance, nous avons dû préparer un très grand nombre d'urées complexes. Nous avons fait varier la nature de l'acide naphtalènesulfonique et celle des acides aminés entrant dans la composition de ces urées. Nous avons constaté qu'on se trouvait en présence d'un cas vraiment surprenant de spécificité : les moindres modifications apportées à la molécule du 309 changent complètement son action trypanocide; il suffit, par exemple, de déplacer le groupe méthyle et de le faire passer du premier noyau au second, pour supprimer l'action sur les trypanosomes. Le déplacement d'une ou plusieurs fonctions sulfonées dans le noyau naphtalènesulfonique apporte les mêmes perturbations ainsi que le remplacement de l'acide aminobenzoïque par les acides aminosalicylique, aminophénylacétique, aminobenzènesulfonique, etc.

La séance est levée à $15^h 55^m$.

É. P.